

الهندسة الكهربائية

الجزء الأول

النظريات والتطبيقات الاولى

تأليف

م. مصطفى حسن أبو غانم

سليم

درجة بكالوريوس علوم في الهندسة الكهربائية
شهادة التخرج من العمل لا نكشيد بانفسه
منتسب لجامعة المهندسين الكهربائيين البريطانية
أستاذ الكهرباء بمدرسة الفنون والصناعات بالقاهرة

دبلوم الهندسة ، شهادة الشرف من الدرجة الاولى ،
شهادة أستاذ في الهندسة ، عضو بجمعية المهندسين
الكهربائيين البريطانية ، مدالية رايبون في الهندسة ،
المراقب المساعد للتعليم الفني

حقوق الطبع محفوظة

« الطبعة الاولى »

١٣٤٨ هـ - ١٣٥٠ هـ

المطبعة الحديثة شارع خرت بالقاهرة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المقدمة

الى اخواننا الاساتذة وابنائنا الطلبة نقدم كتابنا هذا فى مادة
الكهرباء

ولسنا على يقين بما اذا كان كتابنا هذا أول كتب الهندسة
الكهربائية الفنية التى وضعت باللغة العربية ولكن احتياجات
التعليم فى الوقت الحاضر لوجود كتب فنية كثيرة باللغة العربية
تجعلنا نقدم على هذا العمل واذا كان غيرنا قد سبقنا الى وضع
كتاب فى هذه المادة باللغة العربية فاننا نحفظ له بهذا الحق

ومع ان الغرض الاساسى الذى وضع من اجله هذا الكتاب
هو ان يكون كتابا عمليا -إلا أننا وجدنا أنه لا يمكن أن نبتدىء
بالجزء العملى المطلوب قبل ان نضع جزءا آخر يشمل الجزء
النظرى من هذه المادة وهذا الجزء الآخر هو الذى بيدنا الآن
ورجائنا من الله تعالى ان يوفقنا الى عمل الجزء الثانى العملى
الذى هو فى الحقيقة قصدنا من وضع هذا الكتاب

على أننا قد وجدنا أنه من الضروري أن نضيف إلى هذا الجزء
مقدارا لا بأس به من الجزء العملي من المادة تمهيدا لما سيأتي بعد
في الجزء الثاني مراعين في ذلك أن لا يزيد مستوى الجزء الأول
عن المباديء الأولية التي يجب على طالب الهندسة الكهربائية
معرفة في دراسته الأولى

كما أننا راعينا استعمال الاصطلاحات الفنية الشائعة إما نقلا
عن كتب سبق وضعها باللغة العربية أو من الكلمات التي يستعملها
العامل في المصانع أو غير ذلك ونحن على استعداد لقبول جميع
الملاحظات بخصوص هذه التسميات أو بخصوص أي شيء في
موضوع الكتاب نفسه مع تقديم شكرنا لكل من يتكرم
بإبداء ذلك

وأخيرا نرجو الله أن يوفقنا جميعا لما فيه المصلحة العامة وأن
يجعل كتابنا هذا نافعا ، إنه على كل شيء قدير

المؤلفان



فهرس الكتاب

صفحة

١

الكلمة الاولى

- ٢-١ انتشار استعمال القوى الكهربائية
٣-٢ نوعا الكهربائية
٣ دراسة الكهرباء الاستاتيكية
٤-٣ استعمال الكهرباء
٦-٤ مميزات القوى الكهربائية
٧ طرق توليد الكهرباء الديناميكية

(الفصل الاول - المغناطيس)

- ١٥-١٢ الباب الاول : (المغناطيس الطبيعي)
٢٢-١٦ المغناطيس الصناعي
٢٢ خواص المغناطيس
٢٣-٢٢ الكرة الارضية مغناطيس
٣٠-٢٥ الباب الثاني : (نظرية المغناطيس)
٣٢-٣٠ التشيع المغناطيسي
٣٤-٣٢ نتائج أخرى
٤٠-٣٥ الباب الثالث : (طرق التمعطس)
٤١-٤٠ المغناطيس المركب

— ب —

صفحة	
٤١ — ٤٢	الفرق بين الحديد والصلب
٤٢ — ٤٣	الحوافظ
٤٥ — ٤٨	الباب الرابع : (القوة المغناطيسية)
٤٨ — ٥٠	شدة القطب المغناطيسى
٥٠ — ٥٣	طرق مقارنة شدة أقطاب مختلفة
٥٣ — ٦٢	طريقة التذبذب وطريقة الانحراف
٦٢ — ٦٦	خطوط القوى المغناطيسية
٦٦ — ٧٩	المجالات المغناطيسية
٨١ — ٨٤	الباب الخامس : (معلومات وتطبيقات)
٨٤ — ٨٨	معامل النفاذ
٨٨ — ٩٠	المغناطيس الكهربائى
٩٠ — ٩٣	المغناطيس فى المولدات والمحركات
٩٣ — ٩٤	اشكال الاقطاب المغناطيسية للمولد
٩٥ — ٩٦	أشكال واصلات الاقطاب
٩٦ — ١٠٢	الباب السادس : (المغناطيسية الارضية)
١٠٢ — ١٠٦	طريقة قياس الانحراف
١٠٦ — ١٢٣	الميل
١٢٣ — ١٢٧	البوصلة البحرية

(الفصل الثاني - الكهرباء الديناميكية)

الباب الاول : (الاعمدة الابتدائية)

١٢٨ - ١٣٠	نوعا الكهربائية
١٣٠ - ١٣١	الفرق بين نوعي الكهربائية
١٣١ - ١٣٢	منشأ التيار الكهربائي
١٣٢ - ١٣٤	شرح عمل العمود البسيط
١٣٤ - ١٣٥	إثبات أن جهد النحاس أكبر من جهد الخارصين
١٣٥ - ١٣٧	نوع الخارصين المستعمل والتفاعل الموضعي
١٣٧ - ١٣٨	الاستقطاب
١٣٩ - ١٤٠	انواع الالواح المستعملة
١٤١ - ١٤٢	عمود دانيال
١٤٢ - ١٤٣	» بنزن أو جروف
١٤٣ - ١٤٥	عمود لكلائشيه
١٤٥ - ١٤٦	عمود بيكر ومات البوتاسيوم
١٤٦ - ١٤٨	العمود الجاف
١٥٦ - ١٥١	عمود كلارك
١٥١ - ١٥٧	البطاريات الكهربائية

صفحة

الباب الثاني : (تأثيرات التيار الكهربائية)

١٥٩—١٦٢	التأثيرات المغناطيسية
١٦٣ - ١٦٩	قاعدة أمبير
١٦٩ - ١٧٠	قاعدة اليد اليمنى
١٧٠—١٧١	قاعدة البرمجة
١٧٠—١٧٦	المجال الناشئ من تيار يمر في سلك على على شكل دائرة
١٧٦—١٧٧	الاشارات المستعملة
١٧٧—١٨١	الأسلاك المتوازية
١٨١—١٨٥	الجلفانسكوب
١٨٥—١٨٨	الجلفانومتر ذو الابرّة الاستاتيكية
١٨٨—١٩٠	الظل " "
١٩٠—١٩٢	الجيب " "
١٩٢—١٩٣	المرآة " "

الباب الثالث : (التأثيرات الكيميائية)

١٩٤—١٩٦	تحليل الماء
١٩٦—١٩٧	تحليل كبريتات النحاس
١٩٧—١٩٩	نظرية التحليل
١٩٩—٢٠٠	الأسماء التي تستعمل في التحليل
٢٠٠—٢٠٢	قوانين التحليل

صفحة	
٢٠٤—٢٠٦	القوة الدافعة الكهربائية المضادة
٢٠٦—٢١٠	النكشنة

الباب الرابع: (الوحدات الكهربائية وقانون أوم)

٢١٢—٢١٥	الوحدات المستعملة في الكهرباء
٢١٥—٢١٦	التيار الكهربائي
٢١٦—٢١٨	الجهد
٢١٩—٢٢٢	السعة
٢٢٢—٢٢٣	العلاقة بين الوحدات المختلفة للسعة
٢٢٣—٢٢٤	المقاومة
٢٢٨—٢٣٦	قانون أوم وإثباته بالتجربة
٢٣٦—٢٣٧	المقاومة النوعية
٢٣٨—٢٤١	المقادير العيارية لبعض الوحدات
٢٤٢—٢٤٤	التأثيرات الحرارية
٢٤٤—٢٤٦	الطاقة الكهربائية
٢٤٦—٢٤٩	مكافئ جول
٢٤٩—٢٥٠	تقدير الثمن لاستهلاك القدرة

الباب الخامس: (تطبيقات على قانون أوم)

٢٦٢—٢٦٣	التوصيل على التوالي
٢٦٣—٢٦٩	التوصيل على التوازي
٢٧٠—٢٧٦	سقوط الجهد على طول موصل

صفحة

٢٨٠—٢٧٦	المقاومة الداخلية للبطاريات
٢٨١—٢٨٠	قصر الدائرة
٢٨١—٢٨١	قصر الدائرة في المولدات
٢٨٨—٢٨٢	الفرق بين القوة الدافعة وفرق الجهد للعمود
٢٩١—٢٨٨	التوصيل على التوالي
٢٩٢—٢٩١	التوصيل على التوازي
٢٩٣—٢٩٢	» » التضاعف
٢٩٥—٢٩٤	» » التضاد
٣٠١—٢٩٩	الاصطلاحات المتبعة لرسم الدوائر الكهربائية

الباب السادس : (طرق قياس المقاومة)

٣٠٨—٣٠٧	طريقة قياس المقاومة بواسطة امبيرمتر وفولتمتر
٣٠٩—٣٠٨	طريقة قياس المقاومة بالتعويض
٣١٠—٣٠٩	» » » بواسطة مقاومة معلومة
٣١١—٣١٠	طريقة قياس المقاومة بواسطة كوبري ويتستون
٣١٣—٣١٢	طريقة قياس المقاومة بواسطة السلك المترى

صفحة

طريقة قياس المقاومة بواسطة
صندوق مصلحة البوستة

٣١٦—٣١٣

الميجر

٣٢٠—٣١٨

صناديق المقاومات

٣٢٣—٣٢٠

المعامل الحراري للمقاومات

٣٢٦—٣٢٣

الباب السابع : (الموصلات وأنواعها)

الموصلات والكابل

٣٣٩—٣٢٨

أنواع الموصلات

٣٤٢—٣٣٩

طرق وضع السلوك داخل المنازل

٣٥٠—٣٤٢

المصهرات

٣٥٤—٣٥٠

الباب الثامنة : (الاضائة)

الضوء والاستضاءة

٣٥٨—٣٥٥

تقدير قوة الاضاءة

٣٦٠—٣٥٨

الاستضاءة والسطوح اللامعة

٣٦٠

منحنيات توزيع الضوء

٣٦٦—٣٦١

الباب التاسع : (المصابيح والاجراس الكهربائية)

المصابيح الكهربائية

٣٧٤—٣٦٩

كيفية عمل المصابيح

٣٧٨—٣٧٤

القوس الكهربائي

٣٨٢—٣٧٨

صفحة

٣٨٤—٣٨٢	الجهاز الأتوماتيكي
٣٨٨—٣٨٥	طرق توصيل المصابيح
٣٩٤—٣٨٨	طرق التوصيل داخل المنازل والفنادق
٤٠٠—٣٩٤	المفاتيح
٤٠٢—٤٠١	ورد السقوف
٤٠٣—٤٠٢	مسك المصباح
٤٠٤	البراز
٤٠٨—٤٠٥	الجرس البسيط
٤١٠—٤٠٨	الجرس المستمر الدق
٤١١—٤١٠	التمتمات
٤١٢—٤١١	المبين

الباب العاشر : (أجهزة القياس)

٤١٦—٤١٣	الأميتر ذو السلك الحرارى
٤١٨—٤١٦	» الملف المتحرك »
٤٢٠—٤١٩	» القلب المتحرك »
٤٢١—٤٢٠	الأميتر مترات القانونية
٤٢٢—٤٢١	المجزي أو الشريط
٤٢٥—٤٢٣	الفولتمترات
٤٢٨—٤٢٥	الفولتمتر الالكتروستاتيكي
٤٣٥—٤٢٩	اليوتانشيومتر

صفحة	
٤٣٥—٤٣٨	الواثمترات
٤٤١—٤٣٨	العداد

الباب الحادى عشر : (الاعمدة الثانوية أو المراكم)

٤٤٢—٤٤٧	شرح الاعمدة الثانوية
٤٤٧—٤٥٠	الجهد والتيار للعمود
٤٥١—٤٥٢	عيوب البطاريات الثانوية
٤٥٢—٤٥٣	فوائد البطاريات الثانوية
٤٥٣—٤٥٥	تقدير سعة البطارية وجودتها
٤٥٥—٤٦١	أنواع البطاريات
٤٦١—٤٦٣	الاعمدة النيكلية
٤٦٣—٤٦٦	ملاحظات عملية على تشغيل البطاريات
٤٦٦—٤٧١	الايدرومترات

الباب الثانى عشر : (قوانين التأثير)

٤٧١—٤٧٤	العلاقة بين التيار الكهربائى والمجال المغناطيسى
٤٧٤—٤٨٠	التيارات المنتجة من التيار الكهربائى
٤٨٠—٤٨١	الاستنتاج المتبادل
٤٨١—٤٨٣	الاستنتاج النفسى
٤٨٣—٤٨٥	ملف رمكورف
٤٨٥—٤٨٩	التلفون الكهربائى

صفحة
٤٨٩—٤٩٦
٥٠٠—٤٩٦

نظرية المولد (الدينامو)
نظرية الموتور الكهربائي

الباب الثالث عشر :

٥٠٩—٥٠٠
٥١٢—٥١٠

ألواح التوزيع
المصاييح الكشافية



الخطأ والصواب

الصواب	الخطأ	سطر	صفحة
يتحرك أحد الجسمين	يتحرك الجسمين	٩	١٩
القرض	الفرض	٣	٣٣
تصور	تصوير	١	٩٧
عموديا	هو خط عمودي	١٥	١٠٧
الخط الأفقي	الخط الراسي	١٩	١١٢
في المكان >	عند >	١٤	
الميل ١ م	الميل ١ ٥		١١٣
شكل (١٠٠) المجموعة التي على العين تزداد بمقدار أربعة أعمدة عن الأصل			١٥٦
الملف	اللف	٢٠	١٧٥
للملف	لف	١	١٧٦
الكرة	البكرة	١١	٢٢٢
الفولتметр	الفولتامتر	١١	٢٣٣
الفولتметр	العولتامتر		٢٣٤
طريقة	طريقه	٩	٢٦٩
طرفي	طرف	١١	٣٠٥
درجة الحرارة ١٦٠	درجة الحرارة ٧٦٠	١١	٣٢٣
كبر رقم السلك	كبر قطر السلك	٢	٣٣٢
١٠٠ فولت	١٩٠ فولت	٢	٤٥٠

الكلمة الأولى

القوى الكهربائية وميزاتها:

(بند ١) انتشار استعمال القوى الكهربائية وتعدد فروع

دراساتها: —

انتشر استعمال القوى الكهربائية في الحياة العملية انتشارا
سريعا في هذه الأيام حتى أنه أصبح عاما في جميع الممالك المتقدمة
بحيث لانكون مبالغين اذا قلنا إنه لا يخلو منها منزل في مدنها
الكبيرة وأصبح معدل ما يستهلك من هذه القوة الكهربائية لكل
شخص من هذه المدن مقياسا لمقدار ما وصلت اليه من الرقي
ولا نزال نري الى يومنا هذا اختراعات حديثة ونظريات
جديدة لم تكن نظن من عهد قريب أننا سنصل اليها ولا نزال
ننتظر اكثر من ذلك في المستقبل القريب

ولقد كانت نتيجة هذا التقدم السريع في فن الكهرباء
وكثرة مخترعاته ونظرياته هذه الكثرة العظيمة أن أصبح العلماء
أنفسهم غير قادرين على الأمام بجميع نواحي هذا العلم وكل
ما يمكن لا أحد هؤلاء العلماء هو ان يكون مختصا في فرع من هذه
المادة إذ تكون دراسة هذا الفرع دراسة وافية وحدها كافية لأن

تشغل سنين عديدة من زمنه لهذا تجد في هذا العلم فروعاً كثيرة لم يسبق ان انقسم اليها أي علم آخر من علومنا الحديثة او القديمة فمن فن تصميم وصناعة الآلات الكهربائية الى فن توصيل الأسلاك للأنارة الى فن توزيع القوة الكهربائية الى فن القاطرات الكهربائية الى فن اللاسلكى الى غير ذلك

وترى من هذا ان وضع كتاب عام يشمل جميع أطراف هذا العلم بجميع فروعها شيء خارج عن مقدور أي شخص مهما بلغت قدرته العلمية والعملية

نذكر هذا لنبين للقاري موقفنا من وضع كتاب في هذه المادة ولنبين له أننا سوف نقتصر على المبادئ الأولية في هذا العلم طبقاً لمناهج وضعت لمدارسنا المصرية لكي نصل بالطالب الى الدرجة التي بعدها يصبح قادراً على أن يوجه دراسته الى الفرع الخاص الذي يريد الاشتغال به

(بند ٢) نوعا الكهربائية : —

أول ما عرف من الكهرباء من زمن بعيد هو النوع المسمى « الكهرباء الاستاتيكية » وكانت جميع التجارب التي تعمل عليه لها قيمتها العلمية فقط واما من الوجهة العملية فلم تكن لها أى قيمة تذكر ولقد استمر الحال على ذلك مئات عديدة من السنين الى أن اكتشف النوع الثاني من الكهرباء المسمى « الكهرباء الديناميكية » أو « الكهرباء ذات التيار » وهي التي تسرى في الجسم باستمرار لزمن

محسوس ويمكن الحصول عليها بالطريقتين الأساسيتين الآتيتين :-
(أ) من العمد أو البطاريات الكهربائية
(ب) من الآلة المولدة للكهربائية والتي تسمى دينامو
وهذا النوع الأخير هو الأكثر استعمالا في حياتنا العملية
الآن في طرق شتى

(بند ٣) دراسة الكهرباء الاستاتيكية : —

قد يتبادر للذهن أننا إذن من الوجهة العملية في دراسة
الكهرباء يمكننا أن نستغنى عن دراسة الاستاتيكية منها وهذا صحيح
لحدا وبالفعل قبل بضع السنين الأخيرة كان جل الدراسة
العملية لمن يريد الاشتغال بالكهرباء هي دراسة النوع الثاني منها
حتى أنك تجد ان بعض الكتب العملية تهمل الكهرباء
الاستاتيكية إهمالا تاما ولكن لمن أراد البحث في نظريات الكهرباء
الديناميكية بحثا وافيا خصوصا عند دراسة التيارات المنعكسة وعند
استعمال جهود كبيرة جدا كما هو حاصل الآن في الخطوط
والمحطات التي توزع الكهرباء مسافات بعيدة يجب علينا دراسة
الكهرباء الاستاتيكية

ولكننا سوف لا نتوسع في هذا الموضوع لأن مستوي
هذا الكتاب لا يسمح بذلك

(بند ٤) استعمال الكهرباء : —

تستعمل الكهرباء عمليا في الاحوال الآتية :-
(أولا) للتدفئة وللطبخ والكي وتسخين المياه وللإضاءة

بواسطة المصاييح الكهربائية المختلفة الأنواع وغير ذلك من التأثيرات الحرارية التي يحدثها التيار
(ثانيا) لادارة الآلات في المصانع وغيرها وتسيير عربات الترام والسكك الحديدية وآلات أخرى كثيرة
(ثالثا) في التحاليل الكيميائية لأن التيار الكهربائي اذا مر في جسم أمكن أن يحلله الى عناصره الأولية وبهذه الطريقة يمكن الحصول على المعادن من خاماتها كما أنه يمكن استعمال الكهرباء لتكوين مواد من عناصر مختلفة كما في عملية الازوتات أو السباخ الكيميائية وكذلك صهر المعادن وغير ذلك كما أنها تستعمل في الطلاء وهي عملية تغطية معدن بآخر .

(بند ٥) مميزات القوى الكهربائية : —

تتمتاز القوة الكهربائية عن غيرها من القوى الأخرى بما يأتي : —
(أولا) يمكن نقل القوة الكهربائية بواسطة أسلاك الى مسافات بعيدة من محطة توليدها بدون فقد كثير من هذه القوة على مسافة النقل أو عمل تكاليف باهظة وقد تجد الآن هذا النقل الكهربائي على مسافات تقدر بمئات الأميال في أغلب الممالك المتقدمة

فلو قارنا هذا بما يمكن عمله في حالة نقل القوة الميكانيكية نجد أن الميزة عظيمة جدا

(ثانيا) اذا استعملت آلات تدار بالكهرباء في مكان ما أمكن أن يكون هذا المكان من النظافة والنظام بما لا يتأتى

مثله يولد القوة الميكانيكية من واپورات بخار أو غاز أو زيت أو غيره . ويجب أن لا يفوتنا أن هذه الكهرياء التي تصل اليها لتدير بها آلاتنا الكهربائية إنما تولدت بواسطة آلات تدار بالبخار أو الزيت أو غيره ولكن الفرق أن عملية توليد الكهرياء تنحصر هذا العمل في جهة واحدة وهي المحطة الرئيسية للتوليد وتصبح جميع الاماكن الأخرى التي تحتاج الى قوة لادارتها في غنى عن هذه الوابورات

(ثالثا) الآلات الكهربائية سريعة الابتداء في الحركة إذا قورنت بالآلات البخارية أو الآلات الزيتية لأنها لا تحتاج إلى أكثر من بضع دقائق لكي تبدئ في عملها

(رابعا) مميزات الانارة الكهربائية على الطرق الأخرى للانارة مثل غاز الاستصباح أو المصابيح الزيتية أو غيرها واضحة لا تحتاج الى مقارنة

(خامسا) القطارات الكهربائية تمتاز عن القطارات التي تشتغل بالبخار من أوجه كثيرة منها

(١) امكان القيام من المحطة بسرعة أكثر والوقوف كذلك فتصبح الحركة أسرع بواسطة الكهرياء مع أن السرعة العظمى في حالة الكهرياء قد لا تكون أكثر من السرعة العظمى في حالة البخار ولذلك نجد أن جميع خطوط الضواحي لعواصم المدن تكون دائما بقاطرات كهربائية لوجود محطات كثيرة قريبة المسافة تحتاج الى الوقوف والقيام عدة مرات

(ب) لا يوجد دخان او غيره مما يجعل استعمال الكهرباء داعيا للنظافة والراحة العامة .

(ج) القاطرات الكهربائية أقدر من غيرها على احداث قوة كبيرة وقتية لاتتأنى بالبخار ولذلك يمكن لهذه القاطرات أن تصعد على ميل كبير في الجهات الجبلية مثلا بدون أن تكون قدرتها التي صممت من أجلها عظيمة جدا

(د) القوة المستعملة في القاطرات الكهربائية تكون صفرا عند ما تقف هذه القاطرات مع أن الآلات البخارية يجب أن يكون وقودها مستمرا وإلا وقف سيرها نهائيا

(هـ) في المراكز الصناعية الكبيرة يمكن ان يحصل اقتصاد كبير في ما يصرف في القوة للمصانع المختلفة في هذا المركز اذا وجدت محطة تولد مقدار من الطاقة الكهربائية يكفي للجميع وتوزع عليها لأن ذلك يجعل مقدار ما يصرفه أي مصنع على حدة اذا استعمل الكهرباء أقل مما لو أن هذا المصنع ولد قوته اللازمة له على حدة بواسطة الآلات أو الوابورات البخارية أو غيرها

(سابعاً) بما أن القوة الكهربائية يمكن نقلها إلى مسافات بعيدة لذلك أمكن في كثير من الأحوال توليد هذه القوة بمصرفات قليلة جدا من مساقط المياه وارسالها الى الجهة التي تحتاج اليها . وليس أدل على الفوائد العظيمة للكهرباء سواء أكانت اقتصادية أم غيرها مما نلاحظه اليوم في انتشار استعمالها

(بند ٦) طرق توليد الكهرباء الديناميكية : —

قلنا في بند (٢) إن التيار الكهربائي يتولد من أصلين :
(١) البطاريات وفي هذه تتحول الطاقة الكيميائية إلى
طاقة كهربائية

(٢) المولدات أو الديناموات وفي هذه تتحول الطاقة
الميكانيكية إلى طاقة كهربائية
والطريقة الأولى هي التي استعملت أولا والتيار المأخوذ
من هذه البطاريات محدود المقدار والطاقة التي نحصل عليها
كذلك محدودة ، زيادة على أن هذه العملية لها متاعبها الخاصة
وتكاليفها الكثيرة غير أننا سنرى بعد أنه مع كل هذا لا تزال لهذه
البطاريات فوائد جمة بحيث لا تزال تستعمل إلى الآن لأغراض
خاصة

أما الطريقة الثانية طريقة استعمال الديناموات فهي الطريقة
الحديثة والأكثر شيوعا الآن وهي نتيجة اكتشاف العالم الشهير
فراڤاي سنة ١٨٣١ و يعتبر المهندسون الكهربائيون هذا التاريخ
مبدأ تاريخ فن الهندسة الكهربائية للأسباب التي سنبينها بعد

الفصل الاول

المغناطيس

الباب الاول : —

(بند ٧) المغناطيس الطبيعي : —

عثر القدماء من زمن بعيد على معدن يستخرج من الارض
باشكال غير منتظمة له خاصيتان أساسيتان هما :

(١) اذا علق تعليقاً خالصاً بحيث اتجه في جهة ثابتة دائماً .
بحيث اذا أزيح قليلاً عن هذا الوضع تذبذب حوله ورجع بعد
زمن ما الى وضعه الاصلى

(٢) اذا غمس في برادة الحديد علق به جزء منها بكثرة في
موضعين وبقلة في المواضع الاخرى

وهذا المعدن هو في الحقيقة أكسيد الحديد وتركيبه
الكيمائي Fe_3O_4 ويحتوي على ٧٢٪ من مادة الحديد

وأول مكان وجد به هذا المعدن هو بلده مغنيسيا بأسيا
الصغرى ولذا يسمى « مغناطيسا » نسبة اليها كما أنه يوجد أيضاً
ببلاد أخرى في أوروبا وأمريكا

هذا المعدن هو الذي نسميه المغناطيس الطبيعي والتجارب
الآتية توضح هاتين الخاصيتين لهذا المعدن

تجربة (١) [للعلم فقط]

خذ قطعة من حجر المغناطيس الطبيعي واربطها بخيط وعلقها تعليقاً خالصاً بهذا الخيط من حامل فتجد أن القطعة تثبت بعد



(شكل ١)

قليل لتتجه بطولها الى جهة خاصة
حرك القطعة في مستوي أفقى بزاوية
صغيرة ثم اتركها تجد أنها تتذبذب قليلاً
حول موضعها الأصلي الى أن تقف فيه
ثانياً شكل (١)

يبين المعلم هنا للطلبة أن أحد طرفي القطعة يتجه الى الشمال
والآخر يتجه الى الجنوب

تجربة (٢) [للعلم فقط]

خذ قطعة المغناطيس الطبيعي واغمسها في برادة الحديد وبين
أن مقداراً كبيراً من البرادة قد علق بجزئين من القطعة فقط مع
التصاق قليل من البرادة في المواضع الأخرى



(شكل ٢)

هاتان النقطتان اللتان لصق بهما
أكثر البرادة هما « قطبا المغناطيس »
شكل (٢) وهما عادة في أطرافها

تعريف : — قطب المغناطيس هو المنطقة التي تظهر فيها قوة
جذبه لبرادة الحديد بأكثر مقدار لها

إذا عينا موقعي القطبين في قطعة المغناطيس بأجراء التجربة الثانية ثم علقنا المغناطيس كما في التجربة الأولى تبين لنا أن الاتجاه الثابت الذي يأخذه المغناطيس عند تعليقه هو الذي يجعل أحد القطبين يتجه شمالا والاخر جنوبا

تجربة (٣) [للعلم فقط]

خذ ابرة طويلة من الصلب وأمر رفوقها حجر المغناطيس الطبيعي المذكور بحيث تدلكها بأحد قطبي المغناطيس عدة مرات في اتجاه طولها مبتدئا من احد طرفي الابرة ومنتها عند الطرف الثاني وبحيث أنك عند ما تصل الى نهاية الابرة ترفع المغناطيس لتبتدىء ثانيا من الطرف الأول للابرة وهذا لكي يكون الدلك في جهة واحدة فقط ثم خذ الابرة بعد ذلك واغمسها في برادة الحديد تجد انها أصبحت مغناطيسا لأن البرادة قد علقت بطرفها وايضا تجد ان الابرة اذا علقت تعليقا خالصا لتتحرك في مستوى أفقي تجد أنها تتجه شمالا وجنوبا

نستنتج من هذه التجربة أنه يمكن مغطسة الحديد بدلكه بالمغناطيس الطبيعي

وبذلك نرى أنه يمكن للمغناطيس الطبيعي ان يوصل خاصية المغناطيسية المذكورة لأي قطعة من الحديد اذا دلكت به

ملاحظة — ليست هذه الطريقة هي الوحيدة لمغطسة الحديد ولكتنا سنذكر طرقا أخرى بعد

(بند ٨) فوائد المغناطيس الطبيعي : —

يستخرج المغناطيس الطبيعي على أشكال غير منتظمة وهو ضعيف في قوة جذب الحديد ويفقد هذه القوة تدريجيا بالاستعمال وليست له فائدة عملية تذكر إلا ان القدماء كانوا يستعملونه في تسيير سفنهم باستعمال خاصيته التوجيهية شمالا وجنوبا

وزيادة على ذلك فإنه يمكننا الآن الحصول على مغناطيس قوى صناعي بأشكال منتظمة مختلفة لا تكون قوة المغناطيس الطبيعي شيء يذكر بجانبها لذلك نجد ان هذا المغناطيس الطبيعي ليس له الا ان سوى شهرته التاريخية القديمة فقط وغاية الأمر أنه أحد الخامات التي تستخرج منها مادة الحديد

(بند ٩) الأجسام المغناطيسية : —

خاصية التمغطس هذه ليست خاصة بالحديد فقط بل هناك أجسام أخرى يمكن ان نجعلها تكتسب هذه الخاصية ومن هذه الأجسام الكوبلت والنيكل والمنجنيز وغيرها إلا أن قوة هذه الاجسام لا كتساب خاصية التمغطس ضعيفة جدا اذا قورنت بقوة التمغطس للحديد

لهذا نجد المغناطيس الصناعي القوى لا يصنع إلا من الحديد فقط ولنلاحظ أيضا ان جميع أنواع الحديد المختلفة قابلة للتمغطس

بدرجة كبيرة غير أنها تختلف من وجهات كثيرة من حيث سرعة التغطس وبطئه وقدرتها على حفظ مغناطيسيتها وغير ذلك على حسب الجدول الآتي : —

الحديد النقي أو الحديد المطروق	أكثر أنواع الحديد قوة في التغطس ويتمغطس بسرعة ولكنه يفقد مغناطيسيته بنفس السرعة
الصلب بأنواعه	يصل في قوة التغطس الى مقدار كبير يقرب من الحديد النقي إلا أنه يصعب تغطسه وتبقى مغناطيسيته زمنا طويلا
الحديد الزهر	قوة تغطسه أقل من الحديد النقي أو من الصلب وهو وسط في سرعة تغطسه وفقدانها

وهناك أنواع أخرى من الحديد تصنع لأغراض خاصة في
الأشغال الكهربائية مثل الصلب المحتوى على المنجنيز والنوع
المسمى استالوى وغيرهما وسيأتى ذكرها في الجزء الثانى

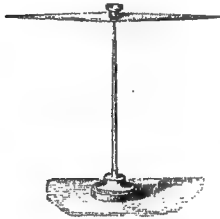
(بند ١٠) المغناطيس الصناعى : —

يصنع هذا من الحديد أو الصلب على شكل قضبان أو غيرها
حسب الغرض الموضوع له ومن هذه توجد الانواع الآتية :

أولاً : — الابرّة المغناطيسية



تصنع من الصلب على شكل صفيحة رقيقة شكلها معين أحد قطبيه أطول بكثير من الآخر والقطر الأطول هو طول الابرّة ونهايته أ ب هما قطبا الابرّة. ولهذه الابرّة زر صغير من نفس معدنها مجوف من وسطه يصلح لكي " تركز الابرّة به على



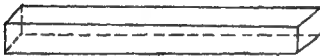
(شكل ٢)

حامل رأسى لتدور في مستوي أفقى (شكل ٣) أو أن تعلق منه بخيط رأسى (شكل ٤)



(شكل ٤)

ثانياً : — القضبان المغناطيسية : —
هذه إما أن تكون ذات مقطع مستطيل أو مستدير (شكل ٥ و ٦)



قضيب مستطيل



قضيب مستدير

(شكل ٥ و ٦)

ثالثاً: — المغناطيس الذي على شكل حذاء

الفرس (شكل ٧)



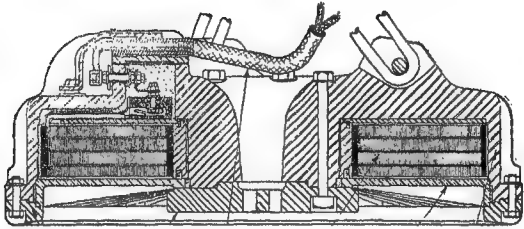
(شكل ٧)

كل هذه الأنواع ليست لها قيمة أكبر من أنها صالحة لأجراء التجارب العلية في معامل الدراسة غير أن الإبرة المغناطيسية تستعمل بشكل خاص يسمى «البوصلة البحرية» لقيادة السفن. أنظر (شكل ٨) ولهذه أهمية كبرى



(شكل ٨)

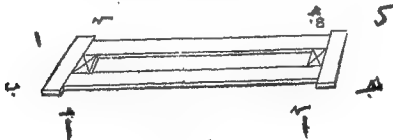
وأيضاً يوجد ببعض المصانع أنواع كبيرة من المغناطيس الصناعي لحل الأثقال من نقطة لاخرى بشرط أن تكون هذه الأثقال من الحديد أو داخل صناديق من الحديد لأن المغناطيس لا يجذب الا الحديد (شكل ٩)



(شكل ٩)

بند (١١) القضبان المغناطيسية : —

تستعمل هذه القضبان لاجراء التجارب بالمعامل وهي كما قدمنا مستطيلة المقطع غالبا (شكل ٥) وقد تكون مستديرة لتجارب خاصة (شكل ٦) وتصنع عادة من الصلب لان الصلب يحفظ مغناطيسيته مدة طويلة وأيضا توضع أزواجا بصندوق واحد بحيث يكون القضبان متوازيين وبحيث يكون القطب الشمالى لأحدهما بجانب الجنوبى للآخر وعلى مسافة صغيرة منه (شكل ١٠) ويوصل بين القطب الشمالى لأحدهما والجنوبى



(شكل ١٠)

للاخر قطعة صغيرة من الحديد تلتصق بالقطين في كل من الطرفين كما في الشكل وهذه القطع الحديدية التي تلتصق بالقطين المتضادين تسمى الحوافظ وفائدتها أنها تساعد على حفظ المغناطيسية لهذه القضبان زمنا طويلا أكثر مما لو تركت القضبان بدونها وسنذكر سبب ذلك بعد (بند ٢٠)

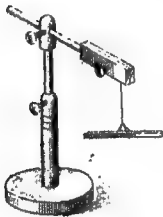
(بند ١٢) تجارب على خواص المغناطيس :

سبق أن ذكرنا ان للمغناطيس قطبين أحدهما يتجه شمالا والاخر يتجه جنوبا ويمكن معرفة كل منهما بتعليق المغناطيس تعليقا خالصا كما قدمنا من تجربة (١) على المغناطيس الطبيعي

(تجربة ٤)

خذ قضيبا من المغناطيس وعلقه تعليقا خالصا من وسطه

إما بلف الخيط حول وسطه أو حمله في ركاب صغير من الورق مربوط بخيط رأسي كما في شكل (١١) وعين قطبيه الشمالى والجنوبى



(شكل ١١)

ملاحظة : — يجد الطالب غالبا ان القطب المتجه شمالا من المغناطيس مكتوب عليه الحرف N

(تجربة ٥) :

أعد تجربة (٤) باستعمال الأبرة المغناطيسية وعين قطبيها
ملاحظة: — يجد الطالب ان نصف الأبرة ملون باللون
الازرق وهو الذى في نهايته القطب المتجه شمالا

تجربة (٦) : الجذب والتنافر

خذ الأبرة المغناطيسية وعلقها تعليقاً خالصاً أو اجعلها تتركز
خالصة بمنتصفها على محور رأسى للتحرك في مستوى أفقى تجد
أنها تتجه شمالاً وجنوباً كما قدمنا
قرب من احد قطبيها بعد ذلك قطعة من الحديد تجد ان هذا
القطب ينجذب الى قطعة الحديد بحيث اذا حركت قطعة الحديد
قليلاً تحركت الابرة تبعاً لحركتها
أعد ذلك بتقريب قطعة الحديد من القطب الآخر تجد
نفس الظاهرة

تستنتج من ذلك ان الحديد يجذب المغناطيس سواء لقطبه
الشمالى او الجنوبي

(تجربة ٧) :

علق قضيباً مغناطيسياً ليتحرك خالصاً في مستوى أفقى كما في
تجربة (٤) وقرب من طرفه قطعة من الحديد تجد نفس النتيجة
الى وجدتها في تجربة (٦) السابقة

(تجربة ٨):

علق قضيبا حديديا غير ممغطس تعليقاً خالصاً ليتحرك في مستوى أفقي نجد أنه يثبت في أى اتجاه كان قرب منه أحد قطبي قضيب ممغطس تجد أنه ينجذب الى قطب المغناطيس سواء كان ذلك القطب الشمالى أو الجنوبي من جميع هذه التجارب نستنتج القاعدة الآتية : —
الجدب متبادل بين المغناطيس والحديد

وإذا كانت قوة الجذب هذه كافية تحرك المغناطيس اذا كانت قطعة الحديد ثابتة أو بالعكس يتحرك الحديد اذا كان المغناطيس ثابتا وإذا كان كل منهما قابلا للحركة تحرك الذي يحتاج الى قوة أقل لتحريكه . ولفهم ذلك نعمل التجارب الآتية : —

(تجربة ٩):

ضع قضيبا كبيرا من المغناطيس على نضد أفقي وضع بالقرب منه قطعة صغيرة من الحديد على نفس النضد ثم قرب أحدهما من الآخر مع وجود كل منهما على النضد تجد أنه عند ما تصغر المسافة بينهما الى مقدار معلوم تتحرك القطعة الحديدية بسرعة حتى تلتصق بالمغناطيس وذلك لأنها تحتاج الى قوة أصغر

أعد نفس التجربة بأن تأخذ قطعة كبيرة من الحديد غير الممغطس وابرة صغيرة ممغطسة فتجد أنه عند ما تصغر المسافة أيضا الى مقدار صغير معلوم تنجذب الابرة الممغطسة بسرعة

الى الحديد لثلتصق بها وذلك لأن تحرك الابرمة الممغطسة يحتاج الى قوة أصغر مما تحتاج اليه قطعة الحديد والحقيقة أنه عند تجاذب الحديد والمغناطيس يوجد بينهما فعل ورد فعل كل منهما يساوى الآخر ومعنى هذا أن القوة التي يجذب بها أحدهما الآخر قوة واحدة فاذا قلنا إن قوة جذب المغناطيس للحديد هي الفعل كانت قوة جذب الحديد للمغناطيس هي رد الفعل وهي تساوى القوة الأولى تماماً واتجاه احدهما مضاد لاتجاه الأخرى

ولتأثير هذه القوة يتحرك الجسمين إذا كانت هذه القوة كافية ولا يخفى على الطالب أن قوة الجذب هذه موجودة دائماً مهما كان البعد بين الحديد والمغناطيس انما مقدار هذه القوة يكبر بتصغير المسافة بينهما فاذا وجدنا أن الحديد والمغناطيس مع قربهما أحدهما من الآخر لا تحدث حركة بينهما فهذا دليل فقط على أن القوة ليست كافية لاجداث الحركة في أي منهما ولكنها موجودة دائماً

(تجربة ١٠):

علق قضيباً من المغناطيس تعليقاً خالصاً ليتحرك في مستوى أفقي ثم قرب من أحد قطبيه قطب مغناطيس آخر تجد أنه ربما تحدث حالة من اثنتين :

(أ) تجاذب بين القطبين

(ب) تنافر بين القطبين

عين نوعي القطبين في الحالتين تجد أنه
أولاً — في حالة التجاذب يكون أحد القطبين شمالياً
والآخر جنوبياً أي أن القطبين مختلفان
ثانياً — في حالة التنافر تجد أن القطبين متماثلان أي أن كلا
منهما شمالي أو أن كلا منهما جنوبي
من هذا نستنتج القواعد الآتية : —
أولاً — الأقطاب المتضادة تتجاذب والأقطاب المتحدة تتنافر
ثانياً — الجذب بين قطعتين من الحديد دليل كاف على تمغطس
أحدهما ولكنه ليس دليلاً على تمغطس الاثنتين معا
ثالثاً — التنافر بين قطعتين من الحديد دليل كاف على تمغطس
الاثنتين معا

(بند ١٣) : تعريف

سبق أن ذكرنا أن الموضع الذي يظهر فيه أكبر قوة
للمغناطيس يسمى القطب

وهذه الأقطاب توجد مثني أحدهما في أحد طرفي المغناطيس
والآخر في الطرف الآخر أحدهما شمالاً والآخر جنوباً . هذا إذا
كان المغناطيس قد تمغطس بانتظام وهذا هو المعتاد (شكل ١٢)

وقد يكون القضيب
متمغطساً بدون



شكل (١٢)

انتظام فيكون في

طرفيه قطبان من نوع واحد وفي الوسط قطب مضاد لهما

(شكل ١٣) وتسمى هذه الأقطاب التي في الوسط «أقطاب متتالية»
أو «أقطاب متوسطة»



«المحور المغناطيسي»

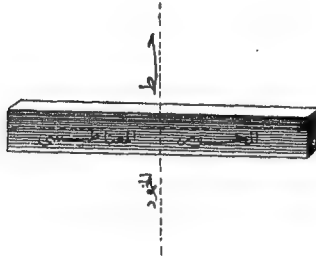
هو الخط الواصل

بين قطبي المغناطيس

شكل (١٣)

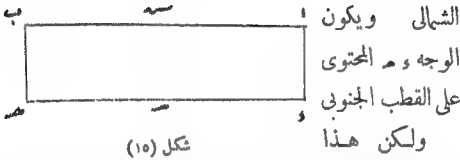
والخط العمودي على المحور والمار بمنتصفه يسمى «خط الخنود»

(شكل ١٤)



شكل (١٤)

من المعتاد أن يتمغطس القضيب في اتجاه طوله ولكن من
الجائز أن يتمغطس في اتجاه عمودي على طوله فلو فرض أن
أ ب قضيب من الحديد طوله أ ب وعرضه ج د (شكل ١٥)
فمن الجائز أن يكون وجهه أ ب هو المحتوى على القطب



النوع من التمعطس نادر الوجود وليس له فائدة عملية وذلك لأن القضيب التمتعطس بهذه الكيفية تكون مغناطيسيته غير ثابتة (أنظر نظرية المغناطيس بند ١٥)

(بند ١٤): الكرة الأرضية مغناطيس

ذكرنا في التجارب السابقة أن المغناطيس المعلق تعليقاً خالصاً ليتحرك في مستوي أفقي يتذبذب قليلاً ثم يثبت في اتجاه خاص بحيث يتجه أحد قطبيه شمالاً والآخر جنوباً ولهذا يتبين لنا أن الكرة الأرضية تؤثر على المغناطيس كما لو كانت هي نفسها مغناطيساً كبيراً فإذا فرضنا أن قطبها الشمالى المغناطيسى عند القطب الشمالى الجغرافى وكذلك قطبها الجنوبى المغناطيسى عند قطبها الجنوبى الجغرافى تبين لنا أنه يجب أن نسمى القطب الشمالى للمغناطيس المعلق فى الحقيقة قطباً جنوبياً لأن الاقطاب المتجاذبة يجب أن تكون متضادة ولهذا قد يسمى أحياناً القطب الشمالى للمغناطيس «القطب الباحث عن الشمال» وهذه تسمية صحيحة أما تسميته القطب الشمالى فإنها تسمية خطأ ومع ذلك فلا نزال نجد هذه الأخيرة مستعملة إلى الآن

وغاية الأمر أنه يجب على الطالب أن يتذكر أننا إذا قلنا القطب الشمالى للمغناطيس نقصد القطب الباحث عن الشمال وكذلك بالنسبة للقطب الجنوبي وكما أن خط الزوال الجغرافى لأي مكان هو الخط المار بهذا المكان وبالقطبين الشمالى والجنوبى الجغرافيين كذلك يسمى الخط المار بالقطبين الشمالى والجنوبى المغناطيسيين وأى مكان معلوم خط الزوال المغناطيسى فى هذا المكان وهو الاتجاه الذى يأخذه محور مغناطيس معلق تعليقا خالصا فى هذا المكان

ولعدم انطباق الاقطاب الارضية الجغرافية على المغناطيسية لا ينطبق خط الزوال الجغرافى على خط الزوال المغناطيسى الا فى بعض نقط قليلة على سطح الكرة الارضية كما سنبين بعد (بند ٣٦) عند الكلام على المغناطيسية الارضية

أسئلة

- (١) اذا اعطيت قضيبا من الحديد وخطا فكيف تثبت اذا كان القضيب ممغناطسا ام لا ؟
- (٢) اذا اعطيت قضيبا من الحديد ودية من برادة الحديد فكيف تثبت اذا كان الحديد ممغناطسا ام لا ؟
- (٣) ماهى مميزات المغناطيس الصناعى على المغناطيس الطبيعى ؟
- (٤) ماهى الاشكال المختلفة التى يأخذها المغناطيس الصناعى وما مميزات كل ؟

- (٥) عرف القطب والمحور وخط الخنود في المغناطيس
(٦) كيف تثبت ان قطبي المغناطيس متضادان في النوع
(٧) اذا اعطيت ابرة مغناطيسية على حامل وقضيبا من الحديد
فكيف تعرف ما اذا كان القضيب ممغطسا ام لا ؟
(٨) عرف خط الزوال المغناطيسى وبين لماذا لا ينطبق على خط
الزوال الجغرافي
(٩) ماهى الاقطاب المتوسطة وما سبب وجودها ؟
(١٠) من أي مادة يصنع المغناطيس الصناعى الثابت ولماذا ؟



الباب الثانى

نظرية المغناطيس

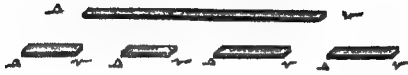
(بند ١٥) وجود الاقطاب المغناطيسية مثنى

تجربة (١١):

خذ خوصة رفيعة طويلة من الصلب ثم اُمرر عليها مغناطيسا صناعيا قويا بأحد قطبيه على طولها مبتدئا من أحد طرفي الخوصة ومنتها عند الطرف الآخر واعمل ذلك عدة مرات بحيث يكون الدلك دائما في جهة واحدة تجد ان الخوصة أصبحت مغناطيسا ويمكن إثبات ذلك بتقريبها من قطعة من الحديد فتتجذب اليها وإذا قربت من إبرة مغناطيسية معتادة تجد ان أحد قطبي الخوصة المدلوكة أصبح شمالا والآخر جنوبا

اكسر هذه الخوصة الى قسمين واعد تجربة الاقطاب تجد ان كل قسم من القسمين أصبح مغناطيسا قائما بذاته له قطبان أحدهما شمالى والآخر جنوبى

اكسر كل قسم من القسمين السابقين ثانيا الى قسمين واعد التجربة تجد ان كل قسم بعد الكسر عبارة عن مغناطيس قائم بذاته ذي قطبين أحدهما شمالى والآخر جنوبى ولواستمررنا في عملية الكسر هذه الى أى درجة نجد ان القاعدة صحيحة أنظر (شكل ١٦)



شكل (١٦)

ومن هذا نستنتج أن قطعة الحديد المغطسة لا بد أن تكون محتوية على عدة مغناطيسات صغيرة جدا مرتبة حسب (شكل ١٦) عددها لا حد له بحيث أن كل اثنين متجاورين يكون قطب أحدهما الشمالى بالقرب من القطب الجنوبى للآخر وإذن لا يكون لهما معا في وقت واحد أى تأثير خارجى على قطعة من الحديد إذا قربت منهما لأن عمل أحدهما عليها يضاد عمل الآخر ولكن القطبين الآخرين في الطرفين لا يكون بجانبهما قطب آخر مضاد ولهذا يظهر تأثيرهما

من هذا نرى لماذا لا تكون قوة المغناطيس الا في أطرافه فقط في حالة وجود قطعة من الحديد بحالتها الطبيعية أى بدون تمغطس نفرض وجود هذه الاجزاء المغناطيسية أيضا داخلها ولكن بدون ترتيب فتكون نتيجة عدم ترتيبها هذا عدم وجود أقطاب حتى في أطرافها كما في (شكل ١٧)



شكل (١٧)

ففي هذا الشكل قد بينا كل مغناطيس صغير داخل القطعة

بخط صغير وقد جعلنا هذه الأجزاء غير مرتبة فيتبين للطالب من ذلك أنه لا يمكن أن يظهر عند أطرافها أقطاب مطلقا وفي حالة تمغطس قطعة من الحديد تكون هذه الجزيئات قد رتبت كما في (شكل ١٨) الذي يظهر بعض صفوف من هذه الجزيئات



(شكل ١٨)

مرتبة بحيث تكون أقطابها التي في الجهة اليمنى شمالية والتي في الجهة اليسرى جنوبية وكما قدمنا في (شكل ١٦) تؤثر الأقطاب المتجاورة المتضادة بين جزئي وآخر بحيث يحو أحدها تأثير الآخر ويبقى تأثير الأقطاب الشمالية التي في الطرف الأيمن والأقطاب الجنوبية التي في الطرف الأيسر من القطعة كلها وتظهر مغناطيسية القطعة جميعها فقط عند طرفيها وهذا ما ذرناه سابقا عند تعيين الأقطاب للمغناطيس

هذا الترتيب المبين (بشكل ١٨) ترتيب تام أى أن جميع الجزيئات متوازية وإذا كان من الممكن أن نصل الى ذلك عند مغطسة قطعة من الحديد نكون قد أتممنا عملية التمعطس الى حدها النهائى ويكون المغناطيس الناتج أقوى ما يمكن ويمكن الوصول الى هذا الحد النهائى بسهولة في ابرة الصلب الطويلة التي يكون مقطعها صغيرا جدا بالنسبة لطولها وفي هذه الحالة نجد عند إجراء تجربة رفع برادة الحديد بهذه

ولهذا نرى ان البرادة تعلق بكثرة عند الأطراف الحقيقية وبقلة عند النقط الأخرى على طول القطعة وهذا يفسر أيضا السبب في أنه كلما اقتربنا من منتصف القطعة قلت القوة المغناطيسية يمكن توضيح ترتيب الجزيئات المذكورة في هذا البند بالتجربة الآتية : —

تجربة (١٢) :

خذ أنبوبة من الزجاج بها كمية من برادة الحديد تملأ الجزء الأكبر منها ثم ضعها أفقية بطولها فوق نضد أفقي ثم اممر فوقها عدة مرات في جهة واحدة من طولها القطب الشمالى مثلا لقضيب ممغطس تشاهد ان جميع الجزيئات التى فى الأنبوبة قد اتجهت بطولها فى اتجاه طول الأنبوبة أى فى اتجاه حركة الدلك وبتقريب ابرة ممغطسة منها يمكن اثبات أن أحد طرفيها أصبح قطبا شماليا والآخر قطبا جنوبيا

خذ هذه الأنبوبة التى بها البرادة المرتبة والتى أصبحت مغناطيسا ورجها عدة مرات لكي تجعلها تفقد ترتيب جزيئاتها ثم قدم منها الابرة المغناطيسية تجد انها فقدت مغناطيسيتها

(بند ١٦) تجارب ونتائج تثبت صحة النظرية السابقة

تجربة (١٣) :

خذ قضيبا ممغطسا ودقه عدة مرات بعنف وقرب منه الابرة المغناطيسية تجد أنه فقد أغلب مغناطيسيته وذلك لأن الدق قد أفقده ترتيب جزيئاته

تجربة (١٤) :

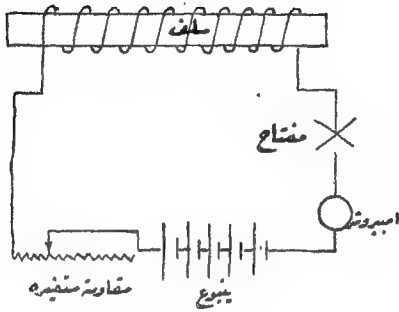
خذ إبرة من الصلب غير ممغطسة وامسكها بحامل بحيث تكون أفقية ومتجهة في اتجاه خط الزوال المغناطيسى ثم دق عليها عدة مرات وهى فى هذا الوضع ثم بعد ذلك قرب منها الإبرة المغناطيسية تجد أنها قد أصبحت مغناطيسا

ذلك لأنها فى هذا الوضع أصبحت متأثرة بالمغناطيسية الأرضية فإذا مادقت أتيح لجزئياتها ان ترتب بتأثير المغناطيسية الأرضية

ملاحظة — اذا وضعت الإبرة فى اتجاه يميل بزاوية قدرها ٤٠° على الافق (أى فى اتجاه القوة الكلية المغناطيسية الارضية) كان نجاح التجربة أسهل لأن القوة المؤثرة تصبح أعظم وسنبين معنى ذلك عند التكلم عن المغناطيسية الأرضية

تجربة (١٥) : التشبع المغناطيسى

خذ قضيبا من الحديد ولف حوله سلكا معزولا عدة لفات على طوله ثم أمرر فى السلك تيارا كهربائيا من بطارية او غير ذلك بحيث يمكن ان تغير مقدار التيار المار بالسلك وابتدى بمقدار صغير من التيار وزد مقدار التيار بالتدريج كما ترى فى (شكل ٢٠) وفى الوقت نفسه ضع بالقرب من القضيب إبرة مغناطيسية داخل علبة بحيث تتحرك الإبرة على دائرة مقسمة الى درجات تجد أنه عند زيادة قوة التيار يزداد انحراف الإبرة وهذا دليل على



(شكل ٢٠)

زيادة التغطس الى ان يأتي وقت تجد ان انحراف الابر لا يزيد مهما زيد مقدار التيار وفي هذه الحالة نقول ان المغناطيس قد وصل الى درجة التشبع

ملاحظة : — لأجراء هذه التجربة بنجاح يجب ان لا تكون الابر قريبة من المغناطيس والا كان تأثير القضيب عليها كبيرا جدا بالنسبة لمغناطيسية الأرض فتكون النتيجة ان الابر تنحرف نحو المغناطيس تماما بأقل مقدار للتيار ولا يظهر أى زيادة في قوة المغناطيس مع زيادة مقدار التيار

ولهذا يجب ان تنتخب المسافة بين المغناطيس والابر بحيث يضمن نجاح التجربة

من التجربة السابقة نرى ان القوة المغناطيسية لاي قضيب مغطس يصل الى حد معلوم نهائى لا يمكن ان تزيد عليه

مهما كانت القوات المؤثرة عليه لاجداث تمغطس أكبر وذلك
ظاهر من نظرية الذرات لأنه عند وصول هذه الذرات الى
ترتيبها النهائي كما قدمنا لا يمكن ان أى قوة أخرى تزيد في اتمام
هذا الترتيب ويقال للمغناطيس اذن لأنه وصل الى حالة التشبع
اذن المغناطيس المتشبع هو المغناطيس الذى يكون قد وصلت
قوته المغناطيسية الى أكبر حد لها

نتائج أخرى :

أولاً — اذا تمغطس قضيب من الحديد زاد طوله بمقدار قليل
وذلك لان تمغطسه يجعل جزيئاته جميعها تتجه بطولها في جهة واحدة
ثانياً — إذا سخن قضيب من المغناطيس الى درجة مرتفعة
فقد مغناطيسيته وذلك لان وصول درجة الحديد الى درجة
الانصهار يجعل الجزيئات التي كانت مرتبة تفقد ترتيبها لان حالة
السيولة تسهل على الجزيئات أخذ أى وضع كان داخل القضيب
بدون ترتيب خصوصا إذا دق المغناطيس أثناء عملية التسخين هذه
ثالثاً — إذا سخن قضيب من الحديد المعتاد وهو تحت تأثير
مغناطيس قوى أو تيار كهربائي فانه يتمغطس بسهولة وذلك لأنه
في حالة التسخين تكون عملية ترتيب جزيئاته أسهل

رابعاً — إذا لف سلك حول قطعة سميكة من الحديد ثم أمر
تيار كهربائي كبير المقدار في هذا السلك فاننا نسمع صوتاً في الحديد
عند ابتداء مرور التيار

وذلك لان مرور التيار يوجه الجزيئات بالترتيب الذي شرحناه

سابقا وهذا يحدث بين الجزيئات الداخلية احتكاكا يسبب الصوت المذكور ويسمى هذا بالاحتكاك الجزيئي

من كل هذا نرى ان الغرض من وجود الجزيئات المغناطيسية داخل الحديد حتى الغبر الممغنطس يؤدي الى تفسير صحيح لكل الظواهر المغناطيسية للحديد التي نعلمها الى الآن ولهذا تجد ان هذه هي النظرية المفروضة لتمغنط الحديد والتي قد قبلها جميع العلماء ومع هذا فأنتا لا تزال غير قادرين على إثبات وجود هذه الجزيئات الممغنطة إثباتا عمليا أكيدا. ولكن بما أنتا قد وجدنا أن جميع النتائج المبينة على هذا الفرض صحيحة فترانا نقبل هذه النظرية وهي الشائعة في علم المغناطيس

وزيادة على ذلك فان تفسير المغناطيسية تفسيرا علميا دقيقا ومعرفة كنهها تماما لا يزال شيئا تحت البحث لم يتوصل اليه الى الآن كما هو الحال في كنه الكهرباء

ولو أن النظريات العلمية الحديثة (نظرية الالكترونات) ونظرية (الكوانتم) قد كشفت أسراراً كثيرة بخصوص ذلك

مسائل

(١) اشرح معنى القطب المغناطيسي - وكيف تؤثر الاقطاب

المغناطيسية بعضها ببعض

(٢) كيف يمكنك البرهنة بتجربة عملية على أن الجذب متبادل بين

المغناطيس والحديد

- (٣) أذكر التجربة اللازمة للبرهنة عمليا على أن الأقطاب المتضادة تتجاذب والأقطاب المتحدة تتنافر
- (٤) بين مع الرسم التأثير الذي يحدث إذا علق قضيبان مغناطيسيان صغيران من طرفيهما بحيث كانا متوازيين ومتباعدين عن بعضهما بمسافة صغيرة
أولا — إذا كانت الأقطاب المتحدة متقابلة
ثانياً — إذا كانت الأقطاب المتضادة متقابلة
- (٥) اشرح وبين لماذا اعتبر كل من جزيئات المغناطيس مغناطيسا مستقلا
- (٦) قضيب من الحديد ممغطس كسر إلى نصفين فبين ماذا تكون حالة كل قسم
- (٧) ابرة ممغطسة كسرت إلى ثلاث قطع متساوية فهل كل من هذه القطع تكون متساوية في التغطس وإذا لم تكن فكيف يكون وجهه الاختلاف ولماذا
- (٨) هل يمكنك الحصول على مغناطيس ذي قطب واحد
- (٩) عند تمغطس قضيب من الصلب يزداد طوله بجزء صغير فلماذا
- (١٠) اشرح معنى التشبع المغناطيسي وكيف يمكنك البرهنة على حدوثه بالتجربة

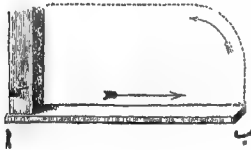
الباب الثالث

طرق التغطس

(بند ١٧) نقتصر هنا على ذكر أهم الطرق للتمغطس :

(أولا) طريقة التغطس بالدلك بمغناطيس ثابت :- ويكون ذلك بثلاث طرق مختلفة هي :-

(١) طريقة اللبس البسيط :- نأخذ قضيبا من الصلب



(شكل ٢١)

مثل ١ ب يراد مغطسته
ونضعه أفقيا على المنضدة
ثم نمرر فوق سطحه الأفقي
مغناطيسا صناعيا قويا
مستقيما بحيث يكون قطبه
الشمالى ملاصقا ومبتدئا من

النقطة (أ) الى أن نصل الى الطرف الآخر من القضيب (ب)
شكل (٢١) أي في الاتجاه ١ ب وعند الوصول الى (ب) نرفع المغناطيس
الدالك ونضعه ثانيا عند (أ) ونكرر هذه العملية عدة مرات بالكيفية
المدكورة أى بحيث يكون الدالك دائما من ١ الى ب وبعد ذلك نقلب
القضيب ونذلك سطحه الآخر بنفس الطريقة السابقة وبحيث

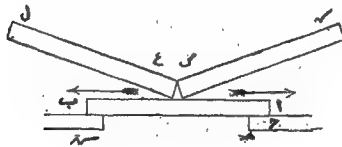
يكون اتجاه الدالك هو نفس الاتجاه السابق وبواسطة القطب نفسه الذي استعمل أولا . بذلك يصبح القضيب ١ ب مغناطيساً طرفه (١) قطب شمالي وطرفه (ب) قطب جنوبي من الممكن أن نستعمل أيضاً القطب الجنوبي للمغناطيس الدالك فقط يجب أن يكون في الاتجاه من ب الى ١ فيتمغطس ١ ب بنفس الكيفية السابقة

والقاعدة لمعرفة أقطاب القطعة التي مغطست بهذه الطريقة هو أنه عند رفع القضيب الدالك من نهاية طرف القضيب المدلوك يتكون قطب مخالف للقطب الدالك

(٢) طريقة اللبس المنفصل :-

نفرض أن ١ ب هو القضيب الصلب المراد مغطسته فنضع أسفل طرف (١) قطبا جنوبيا لقضيب مغطس وتحت طرف (ب) قطبا شماليا لمغناطيس آخر

ويوضع على منتصفه قطبين مختلفين م و ع لمغناطيسين م و ع د قوتها واحدة بحيث يكون كل منهما مائلا بزاوية قدرها ٢٠° تقريباً عن مستوي القضيب كما في شكل (٢٢)

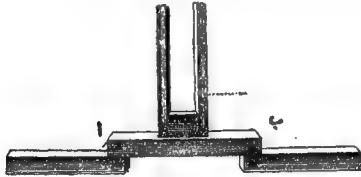


(شكل ٢٢)

ونحرك القطب ص الى ١ والقطب ع الى ب وبعد الوصول الى الطرفين ١ و ب نرفعها ونضعها ثانياً فوق منتصف ١ ب ونكرر هذه العملية عدة مرات ثم نقلب القضيب ونعمل بسطحه الآخر نفس العملية التي عملت بسطحه الأول وبذلك يصبح القضيب ممسطاً

(٣) طريقة اللبس المزدوج :-

يوضع القضيب ١ ب المراد ممسطته بحيث يكون طرفه ١ مثلاً فوق قطب جنوبي لمغناطيس معلوم ويكون طرفه ب فوق قطب شمالي لمغناطيس آخر كما في شكل (٢٣) ثم يوضع على منتصفه



(شكل ٢٣)

قطبان مختلفان لمغناطيسين قوتها واحدة ويفصل القطبان بقطعة صغيرة من الفلين أو الخشب ويلاحظ أن يكون القضيبان الدالكان رأسيين ثم نحركهما معاً نحو أحد الطرفين وعند الوصول إليه نحركهما معاً نحو الطرف الآخر بدون رفعهما ونكرر هذا العمل عدة مرات بشرط أن يكون كل من نصفي القضيب قد ذلك عدداً واحداً من المرات أي أن ذلك ينتهي عند منتصف القضيب

يقلب القضيب ويدلك سطحه الثانى أيضاً كما ذكرنا سابقاً
جميع هذه الطرق للتمغطس طرق قديمة لها قيمتها النظرية
وبحسن الطالب أن يتذكر أن جميع القضبان المغناطيسية التى
تعطى له فى المعمل أو التى يراها بعد فى حياته العملية ليست
مغطسة بأي طريقة من هذه بل جميعها تمغطس فى المصانع التى
أخرجتها بواسطة التيار الكهربائى وهى الطريقة التى نبدأ
بشرحها الآن

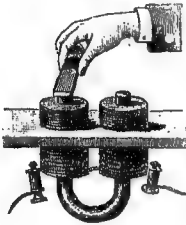
(ثانياً) التغطس بتيار كهربائى :- هذه الطريقة هى أهم
طرق التغطس والمستعملة بكثرة الآن فى الاعمال الصناعية حيث
أن التغطس بالتيار الكهربائى يحدث مغناطيساً أقوى بكثير من
الذى نحصل عليه بواسطة الدلك



(شكل ٢٤)

الطريقة :- يلف على القضيب المراد مغطسته سلك نحاسى
معزول ثم يمرر تياراً كهربائياً قوياً بالسلك زمن معلوماً ثم نوقف
مرور التيار ونخرج القضيب فنلاحظ أنه أصبح مغناطيسياً وهذه
الطريقة يمدن الحصول على مغناطيس قوى بدون عناء كبير
أنظر شكل (٢٤) وسنشرح هذا بالتفصيل فيما بعد فى باب (التأثير
المغناطيسى للتيار الكهربائى)

(ثالثا) التمتعس بمغناطيس كهربائي :- المغناطيس الكهربائي



(شكل ٢٥)

عبارة عن ساق من الحديد المطاوع
مثنية على شكل U وملفوف حولها
سلك نحاسي عازل بحيث يكون اتجاه
لف السلك على احد الفرعين مغايرا
لاتجاه لفة على الفرع الاخر شكل (٢٥)
وبمرور تيار كهربائي في هذا السلك
يصبح الساق مغناطيسا له قطبان
مختلفان عند الطرفين

وطريقة التمتعس بمغناطيس كهربائي هو أن نمرر القضيب
المراد مغطسته على احد قطبي المغناطيس أثناء مرور التيار به
بحيث يكون ملاصقا له مبتدئا بأحد طرفيه ومنتهيا عند الطرف
الآخر ويراعى أن يكون ذلك في اتجاه واحد ولزيادة قوة
التمتعس يرفع القضيب المراد مغطسته ويدلك في القطب الآخر
للمغناطيس بحيث يكون ذلك في الاتجاه المضاد للاتجاه الاول

وهذه الطريقة ليست سوى طريقة سريعة لمغطة قضبان
صغيرة بالمعامل لاجراء التجارب وهي تشابه الطرق الثلاث الاولى
وميزتها الوحيدة أن المغناطيس الدالك يكون قويا لانه مغناطيس
كهربائي ولهذا تكون العملية أسهل وأسرع عن هذه الطرق
الثلاث المذكورة

في جميع التجارب السابقة يجب أن يكون القضيب المراد مغطسته

قضيباً من الصلب وليس من الحديد المعتاد لان الصلب وحده هو الذى يمدن أن تبقى مغناطيسيته محفوظة زمناً طويلاً أما الحديد المطاوع فإنه يفقد معظم مغناطيسيته بمجرد إبعاده عن المغناطيس أو التيار الذى أحدث هذه المغناطيسية

هذا فيما يخص القضبان التى براد أن تظهر مغناطيسيتها بعد اجراء عملية التمعطس وتحفظ بمغناطيسيتها زمناً كافياً وهذا ما يحتاج اليه في اجراء تجارب المغناطيس بالمعامل كما قدمنا

ولكن في حالة المغناطيس الكهربائى الذى يستعمل في رفع الاثقال بالمصانع نستعمل الحديد لاننا نريد ان تكون قوته المغناطيسية موجودة فقط وقت مرور التيار الكهربائى في السلك وبحيث إذا انقطع التيار الكهربائى فقد المغناطيس قوته وهذا لايتأتى إلا اذا كان مصنوعاً من الحديد المطاوع وسنرى أيضاً فيما يلي أنه في الآلات الكهربائية نستعمل الحديد المطاوع والحديد الزهر أكثر مما نستعمل الصلب للأسباب التى سنبينها إذ ذاك

(بند ١٨) المغناطيس المركب : — عند تمغطس قضيب من

الصلب بالطرق السابقة يكون التأثير الواقع عليه من المغناطيس على الطبقات الخارجية منه فقط أي على الطبقات السطحية من مادته اذ أن القوة التوجيهية لجزيئاته لاتصل الى الطبقات الداخلية بنفس القوة التى تصل اليها في الطبقات الخارجية ولكي نحصل على مغناطيس قوي يصنع من جملة صفائح رقيقة من الصلب وتمغطس كل واحدة منها على حدة فتكون جميع جزيئاته في الطبقات

المختلفة من سمكة مرتبة على قدر الامكان فلو أخذنا مغناطيسين متماثلين ووضعناهما متلاصقين بحيث تكون أقطابها المتشابهة متجاورة فأنهما يحدثان مغناطيساً قوة جذب أكبر من قوة أحدهما وقد دلت التجارب على ان هذه القوة تعادل قوة أحد المغناطيسين مرة ونصف تقريبا ولا تساوى مجموعهما لان وجود قطبين متشابهين أحدهما بجوار الآخر لا ينتج قطبا يساوي مجموعهما



(شكل ٢٦)

هذه الكيفية ، فتكون قوته أكبر مما لو عمل دفعة واحدة ويسمى المغناطيس المكون من عدة الطبقات هذه بالمغناطيس المركب أنظر شكل (٢٦)

(بند ١٩) الفرق بين الحديد والصلب : — يوجد فرق بين الحديد النقي والصلب من حيث التغطس فالحديد يتمغطس بسهولة وكذلك يفقد مغناطيسيته بسهولة أما الصلب فإنه يتمغطس بصعوبة ويحفظ مغناطيسيته لمدة طويلة وهذا الفرق بين الحديد والصلب ناشئ من ان جزيئات الصلب لا يمكن ترتيبها بسهولة كجزيئات الحديد واذا رتبت لا يسهل ارجاعها الى وضعها الاول ويستنتج من هذا أن قوة الممانعة في الصلب أكبر منها في الحديد ومغنى

ذلك ان هناك قوة احتكاك بين جزيئات الحديد والصلب ولكنها كبيرة في الصلب قليلة في الحديد فاذا ما تأثر الحديد بمغناطيس لاتكون قوة الاحتكاك هذه كبيرة فتترتب جزيئاته بسهولة بينما تكون قوة الاحتكاك هذه كبيرة في الصلب فتترتب جزيئاته بعد مدة أي يبطء

(بند ٢٠) فعل الحوافظ : — لما كان القضيب المغناطيسي عرضة لان تضعف مغناطيسيته أو أن تفقد فقد عمل له حوافظ لمنع حدوث ذلك والحوافظ عبارة عن قطع من الحديد المطاوع



(شكل ٢٧)

توضع بحيث يتلامس قطبان مختلفان وشكل (٢٧) يبين قضيين مغناطيسيين ش ح و ش ح متوازيين وغير متلامسين وقطباهما المختلفان في اتجاه واحد ومتصل كل قطبين بحافظة ا ب و ح د ولما كان القطب الشمالى المجاور للحافظة يؤثر فيها تأثيرا مغناطيسيا ويحدث قطبا جنوبيا في طرفها الملاصق له وقطبا شماليا في الطرف الآخر والقطب الجنوبى المجاور لها يؤثر فيها أيضا تأثيرا يصاد تأثير القطب الشمالى كانت الحافظة مغناطيسيا بالتأثير قطبه الجنوبى مقابل للقطب الشمالى للمغناطيس الاول وقطبه الشمالى مقابل

للقطب الجنوبي للمغناطيس الاخر وفي هذه الحالة تعمل مغناطيسية الحافظة على حفظ ترتيب جزيئات كل من المغناطيسيين بعامل الجذب وفي الوقت نفسه تساعد على حفظ القوة المغناطيسية فيهما

أسئلة :

- (١) ما الفرق بين المغناطيس والمادة الممغطة ؟
- (٢) كيف يمكنك فصل برادة الحديد اذا كانت ممزوجة مع برادة النحاس
- (٣) يوجد لديك قطعتان متشابهتان من معدن الصلب أبعادهما واحدة احدهما ممغطة والاخرى غير ممغطة فكيف يمكنك التمييز بينهما
- (٤) يراد ممغطة ابرة من الصلب بحيث يكون كل من طرفيها قطب شمالي . اذكر مايجب عليك عمله للحصول على ذلك
- (٥) كيف يجذب القضيب الممغطس قطعة الحديد
- (٦) هل يكون تأثير وسط قضيب ممغطس على قطعة من الحديد كتأثير أطرافه عليها
- (٧) اشرح شرحا وافيا طرق التمغطس وميزات كل طريقة منها
- (٨) ما الفرق بين الحديد والصلب من حيث التمغطس
- (٩) يوجد لديك قضيبان متشابهان أحدهما من الحديد والاخر من الصلب وأيضا قضيب ثالث ممغطس وبعض من الابر فبين كيف تميز قضيب الحديد من قضيب الصلب

(١٠) إذا أردت شراء مغناطيس على هيئة نعل الفرس فانك تجد دائماً أن قطعة من الحديد ملصوقة بأطرافه فما فائدتها

(١١) ما الذي يجب عليك عمله لحفظ مغناطيسية قضيبين ممغطين غير مستعملين

(١٢) ما هو أحسن نظام يمكنك عمله لحفظ مغناطيسية ثلاثة قضبان ممغطة غير مستعملة



الباب الرابع

المجال المغناطيسي

بند (٢١)

ممهّد :- تعرف القوة في علم الميكانيكا أنها الشيء الذي يسبب أو يميل إلى أن يسبب تغييرا في حركة الجسم
معنى ذلك أننا إذا وجدنا أن جسما ساكنا ابتداءً يتحرك فنستنتج أنه قد أثرت عليه قوة أحدثت هذه الحركة كذلك إذا وجدنا جسما متحركا قد وقف فنعلم أن هذا الجسم أيضا قد أثرت عليه قوة أفقدته حركته
وأخيرا إذا وجدنا أن جسما متحركا قد زادت حركته أو قلت فاننا نتأكد أن هذا ناشئ من تأثير قوة عليه
وزيادة على ذلك نريد أن نذكر للطالب أن هناك أحوالا كثيرة قد يكون فيها الجسم ساكنا ولكنه واقع تحت تأثير عدة قوات كما أنه قد يكون متحركا بحركة ثابتة لا تزيد ولا تقل ولكنه أيضا واقع تحت تأثير قوات عديدة ومع ذلك فاننا لا نريد أن نبحث في باب القوة لأن هذا خاص بعلم الميكانيكا وخارج عن موضوعنا الآن وغاية مانطلبه أن يفهم الطالب معنى القوة لأننا سنحتاج إلى ذلك فيما يلي

وللقوة وحدات كثيرة تقاس أو تقدر بها والوحدة الأساسية في المقاييس الفرنسية تسمى الدين وتعريف هذه الوحدة أنها القوة التي إذا أثرت وحدها على جسم كتلته جرام لمدة ثانية واحدة زادت سرعته بمقدار سنتيمتر في الثانية عن مقدار سرعته قبل تأثير هذه القوة وهذه الوحدة للقوة صغيرة جدا فهي تساوى جزء من مليون جزء تقريبا من ثقل كيلو جرام

(بند ٢٢)

قلنا في ماتقدم أنه اذا قرب مغناطيس من قطعة من الحديد فإن المغناطيس يؤثر على الحديد بقوة معلومة ويحدث بينهما جذب قد ينشأ عنه تحرك أحدهما كما أنه إذا قرب قطب مغناطيس من آخر حدث بينهما قوة جذب أو تنافر على حسب نوعي القطبين ومعنى هذا أن الأقطاب المغناطيسية تحدث حولها قوة مغناطيسية تؤثر على الحديد أو على أقطاب أخرى

وليس وجود هذه القوة المغناطيسية حول أى قطب خاصا بنقطة معينة فهي موجودة في جميع النقط المحيطة بهذا القطب

تعريف :- تسمى المنطقة المحيطة بأي قطب مغناطيسى والتي تظهر فيها قوته المغناطيسية بالمجال المغناطيسى له

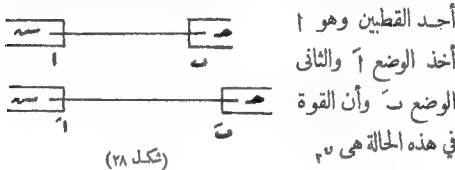
ومن الوجهة النظرية يمكن أن نقول إن المجال المغناطيسى حول أى قطب يمتد الى مسافة لانهاية في جميع الجهات في الفراغ حوله

ولكن الشاهد أن هذه القوة في أى نقطة حول المغناطيس

تضعف كلما كبرت المسافة بين النقطة وموضع القطب والتجربة رقم (٩) تثبت صحة ذلك

ولقد برهن كولومب بواسطة ميزان مسمى باسمه أن القوة بين قطبين مغناطيسيين تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بينهما ولفهم هذا نضرب المثال الآتى : —

نفرض أن موضع أحد القطبين هو ١ وموضع القطب الثانى ب وأن القوة بينهما هي ٣ شكل (٢٨) ثم نفرض بعد ذلك أن



ونفرض أن المسافة ١ = ٣، فإن المسافة ٢ = ٣

$$\frac{٢}{٣} = \frac{١}{٣}$$

أي أن نسبة القوتين تساوى عكس نسبة مربع المسافتين فإذا فرض أن القوة تساوى ٣ دأين عندما كان البعد بينهما مقدارا معلوماً فإن هذه القوة تصبح $\frac{٣}{٤}$ دأين إذا تضاعف هذا البعد

وتصبح $\frac{v}{q}$ اذا أصبح البعد ثلاثة أمثال البعد الاصلى وهكذا

يسمى هذا بقانون التربيع العكسى وهو ليس خاصا بالقوة
المغناطيسية بل هو قانون عام يدخل في جميع العلوم الطبيعية
وسنرى أمثلة له فيما يلي

(بند ٢٣) شدة القطب المغناطيسى :

يجب أن نلاحظ أن قوة جذب قطب المغناطيس لقطعة من
الحديد ليست متوقفة فقط على المسافة بين القطب وقطعة الحديد
بل أنها تتعلق أيضا بشدة القطب نفسه لأننا نشاهد أنه من
المغناطيس الذي نستعمله توجد قضبان قوية وقضبان ضعيفة
نسبها كذلك عند إجراء تجارب عليها

والقوة المغناطيسية التي يظهرها القطب المغناطيسى عند تأثيره
على الحديد أو على قطب آخر تتناسب مع مقدار شدة القطب
ويعرف القطب الذى شدته الوحدة من الشدة بأنه هو القطب
الذى اذا وضع على بعد سنتيمتر واحد من قطب آخر مساو له في
الشدة كانت القوة التى بينهما قدرها دابن

ومن البديهي أن قوة التنافر بين قطبين متشابهين متوقفة على
مقدار شدة كل منهما لاننا اذا جعلنا مقدار شدة أحد القطبين
ثابتة وزدنا مقدار شدة الآخر زادت قوة التنافر بينهما تبعاً
لزيادة شدة هذا القطب الثانى

ولهذا نستنتج ان قوة التنافر بين قطبين متشابهين تتناسب مع حاصل ضرب مقدار شدتيهما
نري إذن ان قوة التنافر بين قطبين مغناطيسين تتعلق بما يأتي:
اولا — شدة كل من القطبين وتتناسب مع حاصل ضرب الشدتين

ثانيا — تزيد عندما تصغر المسافة بينهما بحيث تتناسب مع عكس مربع المسافة
ولهذا يكون القانون الذي يعطى مقدار القوة بين الاقطاب هو

$$ق = \frac{ش \times ش}{م^2}$$

وفي هذا القانون معنى الرموز هو ما يأتي : —

ق = القوة بالداين المؤثرة بين القطبين
ش = شدة أحد القطبين مقدره بوحدة الشدة السابق إيرادها

ش = شدة القطب الثانى كذلك

م = المسافة بين القطبين مقدره بالسنتيمتر

١ = مقدار ثابت

ولكن يمكن حذف المقدار الثابت ١ من هذا القانون اذا
تذكرنا التعريف السابق لوحدة الشدة للقطب
لأننا قلنا في هذا التعريف ان القوة تساوى داينا اذا كان

مقدار شدة كل من القطبين الوحدة وكانت المسافة سنتيمترا واحدا

$$\frac{1 \times 1}{1} \times 1 = 1 \text{ ان } 1 = 1$$

$$1 = 1 \quad \text{اذن } \frac{\text{ش} \times \text{ش}}{\text{م}^2}$$

هذا هو قانون الجذب العام

مثال تطبيقي

(١) ماهي القوة بالداين المؤثرة بين قطبين مغناطيسين شدتهما ٦ و ٦ وحدة على التوالي اذا كانت المسافة بينهما ٤ سنتيمترات؟

الحل

$$\text{القوة بالداين} = \frac{6 \times 6}{4^2} = \frac{36}{16} = 2.25 \text{ داي}$$

(٢) شدة قطب قضيب مغناطيس هي ٨ وحدات ويبعد عن قطب مغناطيس آخر بمسافة ٦ سنتيمترات والقوة المؤثرة بين القطبين ٤ داي . أوجد شدة قطب المغناطيس الآخر

الحل

$$4 = \frac{8 \times \text{ش}}{6^2} \quad \therefore \text{ش} = \frac{4 \times 36}{8} = 18 \text{ وحدة}$$

(بند ٢٤) طرق مقارنة شدة أقطاب مختلفة

لهذا طريقتان شهيرتان :

أولا - طريقة التذبذب

ثانيا - طريقة الانحراف

الطريقة الأولى : طريقة التذبذب

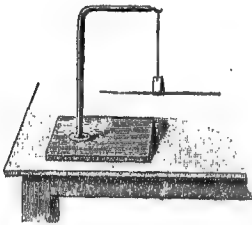
يقال للجسم أنه يتحرك حركة تذبذبية اذا كانت حركته تتكرر عدة مرات على خط واحد معلوم حول وضع متوسط له وأسهل مثال لذلك من دروسنا هذه حركة إبرة مغناطيسية او قضيب ممغطس علق تعليقا خالصا بخيط رأسى ليتحرك في مستوى أفقى فاننا نشاهد عند تعليق الإبرة او المغناطيس أنه يتحرك ذهابا وإيابا حول الوضع المتوسط الذي يأخذه نهائيا وهذا الوضع النهائي هو الذى يكون فيه متجها شمالا وجنوبا ونلاحظ أيضا في هذا المثال ان الحركة بطيئة اى ان الزمن الذى يأخذه المغناطيس من أقصى وضع له في إحدى الجهتين الى أقصى وضع له في الجهة الأخرى يكون زمنا غير وجيز ويقدر بوضع الثواني

تعريف - يقال للزمن الذى يأخذه الجسم عندما يبتدىء من نقطة ما الى ان يعود الى نفس النقطة متحركا في نفس الاتجاه بزمن التذبذبة الكاملة

(تجربة ١٦)

خذ إبرة مغناطيسية او قضيبا ممغطسا وعلقه تعليقا خالصا بخيط رأسى وحركه قليلا في المستوى الأفقى الذي يمكن ان يتحرك فيه لكي لا يكون اتجاهه شمالا وجنوبا تماما ثم اتركه تجد أنه يتحرك بالحركة التذبذبية التى شرحناها الآن

بعد ذلك قدر عدد مرات اهتزازه أو تذبذبه في دقيقة ثم في دقيقتين ثم في ثلاثة فتجد ان عدد ذبذباته في دقيقتين ضعف عدد ذبذباته في دقيقة واحدة وان عدد ذبذباته في ثلاث دقائق يساوي ثلاثة أمثال عدد ذبذباته في دقيقة واحدة

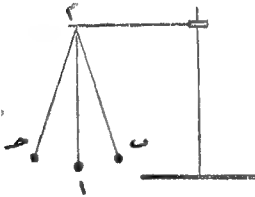


من هذا نستنتج ان زمن الذبذبة الواحدة يكون ثابتا دائما طول مدة الحركة شكل (٢٩) ولو ان سعة ذبذبه تقل بالتدريج أثناء الحركة

(شكل ٢٩)

فمثلا اذا وجد ان عدد الذبذبات في دقيقة واحدة ١٢ ذبذبة كاملة فيكون زمن الذبذبة الكاملة $\frac{60}{12} = 5$ ثواني

(تجربة ١٧)



(شكل ٣٠)

خذ ثقلا معلوما وليكن كيلوجراما مثلا وعلقه من أسفل خيط رأسى طرفه الأعلى مثبت في حامل شكل (٣٠) وليكن وضع الخيط اذذاك هو ١ ثم حرك الثقل

قليلا إلى إحدى الجهتين ليأخذ الوضع (ب) مع بقاء نقطة التعليق م ثابتة ثم اتركه تجد أنه يعود إلى (أ) ثم يتم حركته إلى (ج) إلى الجهة الأخرى من (أ) بحيث تكون النقطتان ب و ج متماثلتين وضعاً بالنسبة للنقطة المتوسطة (أ) وتجد أنه بعد زمن ما يقف الثقل ثانياً في وضعه المتوسط م أ

هذه حركة تذبذبية أخرى ميكانيكية تسمى حركة البندول البسيط ويمكن إثبات أن زمن الذبذبة فيها يكون ثابتاً أما من نظريات الميكانيكا أو بأجراء تجربة كما قدمنا كما يمكن أيضاً إيجاد زمن الذبذبة الكاملة

وفي كل حال يتحرك فيها الجسم حركة تذبذبية يكون واقعا في مجال معلوم يؤثر عليه بقوة مركزية تجذبه نحو المركز المتوسط له ففي الحالة الأولى حالة حركة المغناطيس المعلق يكون المجال المؤثر هو المجال المغناطيسي الأرضي والقوة التي تؤثر عليه لتجعله يأخذ الوضع المتوسط هي القوة التي توجهه شمالاً وجنوباً

وفي حالة تحرك البندول يكون المجال المؤثر هو المجال الثقلي الناشئ من جاذبية الأرض والقوة المؤثرة عليه لتجعله يأخذ الوضع المتوسط هي قوة الثقل أو وزن الجسم وتؤثر رأسياً إلى أسفل نحو مركز الأرض

(بند ٢٥) العلاقة بين سرعة التذبذب وقوة المجال

تتعلق سرعة تذبذب الجسم بقوة المجال الذي يتحرك فيه هذا

الجسم وكلما زادت قوة المجال زادت سرعة تحركه وقل زمن الذبذبة الكاملة وفي حالة المغناطيس المعلق الذي ضربناه مثلاً لحركتنا التذبذبية تكون القوة الناشئة من المجال المغناطيسي الأرضي والمسبب لحرركته في المستوي الأفقي غير ثابتة المقدار في الأماكن المختلفة على سطح الأرض فقدار هذه القوة الأفقية أكبر ما يمكن عند خط الاستواء وأقل ما يمكن عند القطبين

ولاثبات أن سرعة التذبذب تتعلق بقوة المجال نجري التجربة الآتية :

تجربة (١٨) :

علق ابرة مغناطيسية تعليقاً خالصاً لتتحرك في مستوى أفقي وبعد أن تثبت شمالاً وجنوباً بتأثير المغناطيسية الأرضية قرب من قطبها الشمالى مثلاً القطب الجنوبي لمغناطيس قوى تجد أن القطب الشمالى لها يتجه بسرعة نحو القطب الجنوبي للمغناطيس وتتذبذب الأبرة بسرعة حول هذا الاتجاه الى أن تسكن

أعد التجربة مراراً باستعمال عدة قضبان مغطسة بقوات مختلفة تجد أن سرعة تذبذب الأبرة عند اتجاهها نحو المغناطيس المؤثر عليها تكون تابعة لقوة المغناطيس المؤثر هذا بفرض تساوي مسافة التأثير. وبالبرهان النظري الذي لا يمكن إرادته هنا يمكننا أن نثبت أن قوة المغناطيس تتناسب مع مربع عدد الذبذبات الكاملة في ثانية

تجربة (١٩) :

علق ابرة مغناطيسية تعليقاً خالصاً لتتحرك في مستوى أفقي

متأثرة بالمجال المغناطيسى الأرضى ثم أوجد عدد الذبذبات الكاملة فى ثانية واحدة وافرض أنه $\frac{1}{2}$ بعد ذلك قرب من القطب الجنوبى للأبرة قطبا شماليا لمغناطيس معلوم بحيث يكون اتجاه المغناطيس هذا فى اتجاه خط الزوال ثم أوجد عدد الذبذبات فى ثانية واحدة وافرض أنه $\frac{1}{2}$ بعد ذلك قرب مغناطيسا آخر بحيث يكون قطبه الشمالى أمام القطب الجنوبى للأبرة واتجاه المغناطيس كما قدمنا شمالا وجنوبا وبحيث يكون البعد بين قطبه المؤثر وقطب الابرة الجنوبى هو نفس البعد فى الجزء الاول من التجربة ثم أوجد عدد الذبذبات فى الثانية أيضا وافرض أنه $\frac{1}{2}$ فلو فرضنا أنه يمدن اهمال قوة المجال الأرضى بالنسبة لقوة المجال الحادث من كل من المغناطيسية فيكون

$$\frac{\text{شدة القطب الأول}}{\frac{1}{2}} = \frac{\text{شدة القطب الثانى}}{\frac{1}{2}}$$

اما اذا لم يكن مقدار قوة المغناطيسية الأرضية قليلا بالنسبة لمقدار قوة القضبان فى التجربة فيجب ان تكون النسبة الحقيقية

$$\frac{\text{شدة القطب الأول}}{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}} = \frac{\text{شدة القطب الثانى}}{\frac{1}{2} - \frac{1}{2}} \text{ المطلوبة هى}$$

ملاحظة : — يمدن بأجراء التجربة بمغناطيس واحد يؤثر على الابرة ان ثبت صحة قانون التريع العكسى وذلك بأن تجرى التجربة عدة مرات بوضع المغناطيس على أبعاد مختلفة من الابرة وبما ان شدة المغناطيس المؤثر هى دائما واحدة فى هذه الحالة

فيكون الفرق في عدد الذبذبات ناشئاً من تغير المسافة فقط
 وإذا أجريت التجربة بدقة يجب أن نصل الى ما يأتي :
 نفرض أن البعد بين قطب المغناطيس المؤثر وقطب الأبرة
 هو $١٠ م$ و $٢ م$ و $٣ م$ من السنتيمترات في ثلاث تجارب مثل هذه
 ونفرض أن عدد الذبذبات على التوالي هي ١٥ و ٦ و ٣ وان
 عدد ذبذبات الأبرة وحدها بتأثير المغناطيس الأرضي هي ٥
 فيجب أن نحصل على النتائج الآتية

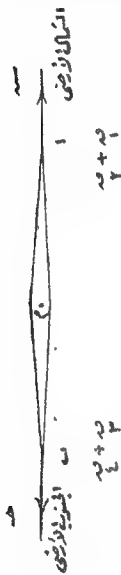
$$٥ - ١٥ : ٢٥ - ٢٥ : ٣٥ = ١ : ٣ : ٩$$

وبما أننا ذكرنا أن مربع عدد الذبذبات يتناسب طردياً مع
 قوة المجال إذن قوة المجال في نقطة ما تتناسب مع عكس مربع
 المسافة بين النقطة والقطب المحدث للمجال

وليس هذا البحث وافياً لأننا فرضنا وجود قطب واحد
 ولكن بما أن جميع تجاربنا هذه عملت بواسطة مغناطيس له قطبان
 فلا بد أن يكون القطب الثاني له تأثير في البحث ولكننا أهملنا
 هذا أولاً لأننا نجد أنه يتطلب معلومات رياضية أكبر مما نريد أن
 نذكر في هذا الكتاب وثانياً لأنه إذا فرض وكان المغناطيس
 طويلاً يمكن أن نحذف تأثير القطب الثاني لبعده عن نقطة التأثير
 خصوصاً وأننا ذكرنا أن هذا التأثير يتناسب مع عكس مربع المسافة
 (بند ٢٦) طريقة الانحراف:

لشرح هذه الطريقة يلزمنا بحث بسيط في حساب محصلة
 قوتين في علم الميكانيكا

من المعلوم ان القوة التي تجعل الابرّة المغناطيسية تتجه شمالا وجنوبا هي قوة المجال الارضى ويمكن توضيح ذلك بالرسم كما في (شكل ٣١) نفرض أن ١ - ابرة مغناطيسية تدور في مستوى أفقى



حول محور رأسي ترتكز عليها في مركزها م فتكون القوات المؤثرة على أقطاب الابرّة من تأثير أقطاب الكرة الارضية هي كما يأتي
أولاً - قوة تجاذب بين القطب الشمال الأرضى والقطب الشمالى ١ (الباحث عن الشمال) للابرّة
ثانياً - قوة تنافر بين القطب الجنوبى الأرضى والقطب الشمالى ١ (الباحث عن الشمال) للابرّة
هاتان القوتان مجتمعتان يؤثران في اتجاه السهم المرسوم أمام القطب الشمالى (١) للابرّة .

وبالمثل يوجد قوتان مؤثرتان على القطب الجنوبى (٢) للابرّة يبين اتجاه مجموعهما بالسهم المرسوم أمام هذا القطب ٢ يمكن الطالب أن يبينهما بما ذكرناه عن القطب (١) فلو رمزنا بالحروف $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$

شكل (٣١)

لمقادير هذه القوات على التوالى ينتج ان القوة الكلية عند ١ =

$$١٠ + ٢٠ \text{ والقوة الكلية عند } ٢ = ٢٠ + ٣٠$$

وبما أن طول الابر ١ - مسافة لا تذكر بجانب بعد الابر
عن أي من القطبين الشمالى الارضى والجنوبى الارضى

وبما أن شدة القطبين الارضيين واحدة وشدة قطبي الابر

$$\text{واحدة أيضا لذلك ينتج أن } ١٠ = ٢٠$$

أى أن قوة جذب القطب الشمالى للارض للقطب الباحث عن

الشمال (١) للابر تساوى قوة تنافر القطب الشمالى الارضى

للقطب الباحث عن الجنوب (٢) للابر وبالمثل $٣٠ = ٤٠$

$$٤٠ + ٢٠ = ٢٠ + ١٠$$

وأخيرا ينتج أن القوة الكلية عند ١ فى الاتجاه نحو الشمال

الارضى تساوى القوة الكلية عند ٢ فى الاتجاه الجنوبى الارضى

وهاتان قوتان متساويتان ومتضادتان فينتج اذن أن الابر

لا يمكن ان تتحرك بأجمعها كجسم واحد نحو أى من القطبين

الارضيين وهذه نتيجة هامة يقال لها القوة التوجيهية على الابر

ومعنى هذا أن تأثير القوة المغناطيسية على الابر قوة توجيهية

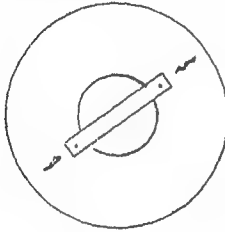
فقط تجعل الابر تتجه شمالا وجنوبا ولكن لا تحدث فى الابر

بأجمعها ككتلة واحدة أى حركة نحو القطب الشمالى او القطب

الجنوبى الارضى مهما قربنا الابر من أى منهما

(تجربة ٢٠) لا ثبات فعل الارض التوجيهى على مغناطيس

نأخذ حوضاً من الماء ونضع فيه قطعة من الفلين ونضع فوق قطعة الفلين قضيباً مغناطيسياً ليكون أفقياً فوق الفلين فنجد أن المغناطيس يدور إلى أن يقف شمالاً وجنوباً دون أن يتحرك بما



شكل (٣٢)

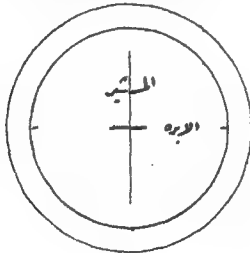
يحته من الفلين إلى جانب من جوانب الحوض شكل (٣٢) ولو كان هناك أي فرق بين القوتين المؤثرتين من الأقطاب الأرضية على أقطاب المغناطيس لتحرك القضيب في الجهة التي تكون فيها القوة أكبر ولكن

هذا لا يحدث كما أثبتنا هذا أيضاً بالبرهان النظري

لهذا إذا رمزنا للقوة المغناطيسية الأرضية من قطبي الأرض المؤثرة على أحد قطبي الأبرة أو المغناطيس بالحرف ق، وجب أن نرمز للقوة على القطب الآخر بنفس الحرف ق، نفرض بعد ذلك أننا قربنا أحد قطبي مغناطيس وليكن الشمالي مثلاً أمام منتصف الأبرة فإن هذا القطب يؤثر على قطبي الأبرة بقوة واحدة لتساوي المسافتين فيجذب القطب الجنوبي وينفر الشمالي ولكي نجعل المسألة بسيطة نفرض أن طول الأبرة قليل بالنسبة للمسافة بين القطب ش وأقطاب الأبرة فنجد أن الأبرة تنحرف لتأخذ وضعاً آخر ويكون مقدار



انحرافها عند وضعها الأصلي قبل إحضار القطب
ش دليلا على قوة القطب الذي أحضر للتأثير عليها
يمكن إثبات ذلك بالتجربة بأن تقرب القطب
المؤثر إلى الابرة فتجد أن الانحراف يزيد وإذا
أبعدته تجد أن الانحراف يقل ولاجراء هذه
التجربة بدقة أكثر تستعمل ابرة صغيرة كما
اشتربنا سابقا داخل علبة دائرية محيطها مقسم إلى
درجات لسهولة قراءة الانحراف وأيضا لكي
تكون العلبة كبيرة الحجم بدرجة يمكن أن يكون
تقسيم الدرجات عليها واضحا مع بقاء طول الابرة
داخلها صغير كما ذكرنا ثبتت فوق الابرة مشير طويل
عمودي على طولها بحيث يمكن بواسطة المشير
قراءة الدرجات المطلوبة الدالة على الانحراف



شكل (٣٤)

لهذا يمكن مقارنة شدة قطبين كما يأتي :

ضع أحد القطبين على مسافة معلومة من العتبة التي بها الابرّة
المعناطيسية واقراء مقدار الانحراف الناشئ وليكن θ° ثم ارفع
هذا القطب وضع القطب الثاني مكانه تماما واقراء الانحراف
الناشئ وليكن ϕ° والنسبة بين شدة القطبين هي النسبة بين
ظلي الزاويتين θ° و ϕ°

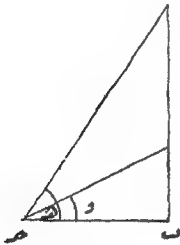
ملاحظة — اذا لم يعرف الطالب معنى ظل الزاوية لأنه لم
يدرس حساب المثلثات فاننا نبين له ما نقصد بطريقة أخرى كما يأتي

ارسم مثلثا قائم الزاوية $\angle B$ تكون احدي زاويا الزاوية
الحادة $\angle A$ هي مقدار θ° التي وجدت اولا شكل (٣٥) ثم
من النقطة C في هذا المثلث ارسم مستقيما CD يصنع الزاوية

ϕ° مع الضلع BC ويقابل $\angle A$ في
وتكون نسبة ظلي الزاويتين θ° و ϕ°
وهي النسبة بين المستقيمين AB و CD

$$\therefore \frac{\text{شدة القطب الأول}}{\text{شدة القطب الثاني}} = \frac{AB}{CD}$$

هذا البحث أيضا ينقصه بعض
الدقة لأننا أهملنا هنا تأثير القطب
الثاني للبخناطيس ولكن استيفاء هذا



شكل (٣٥)

البحث بأدخال تأثير القطب الثاني وإيجاد القانون التام سياق ذكره بعد في كتابنا الثاني

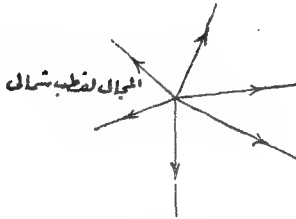
(بند ٢٧) خطوط القوى المغناطيسية

يلاحظ الطالب أننا فيما تقدم فرضنا وجود قطب واحد يحدث المجال المغناطيسي وعلى هذا الفرض اذا وضع قطب آخر في مجال هذا القطب الأول فإنه لا يوجد الا قوة واحدة بينهما اما جذب او تنافر حسب نوعي القطبين مثلاً نفرض ان القطب المؤثر هو (١) شكل (٣٦) فيكون حول



شكل (٣٦)

هذا القطب مجال مغناطيسي واذا فرضنا قطبا آخر (ب) من نوعه فان بين القطبين توجد قوة تنافر خط تأثيرها واتجاهها مبين بالسهم عند (ب) اى في الاتجاه من ١ الى ب وكذلك اذا فرضنا ان القطب (ب) انتقل الى (م) فتكون القوة المؤثرة في الاتجاه من م وهكذا لاي وضع آخر . ويتكرر هذه العملية وإيجاد اتجاهات أخرى ينتج ان جميع القوى التي في المجال الحادث من القطب (١) هي قوات تؤثر في اتجاه مستقيمات ترسم من (١) في جميع الجهات حولها شكل (٣٧)



شكل (٣٧)

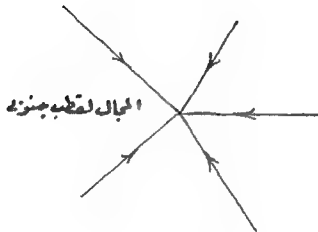
هذه المستقيمات تسمى خطوط القوى المغناطيسية للمجال المذكور

ولا يُيجاد خط القوة عند نقطة s مثلاً في هذا المجال نصل s فيكون اتجاه المستقيم من s إلى s هو اتجاه خط القوة المار بالنقطة s وعليه إذا وضع قطب عند s كانت القوة المؤثرة عليه في اتجاه هذا المستقيم ويكون اتجاهها من s إلى s أو من s إلى s حسب نوعي القطبين كما ذكرنا سابقاً. ولكيلا يكون هناك لبس في الاتجاه اتفق على أن القطب المتأثر يكون دائماً قطباً شمالياً

ولذلك إذا كان القطب المحدث للمجال ومن الموجود في (١) شمالياً كان اتجاه القوة كما هو مبين بالشكل السابق شكل (٣٧)

وأما إذا كان قطباً جنوبياً كان اتجاه القوة كما هو مبين شكل (٣٨)

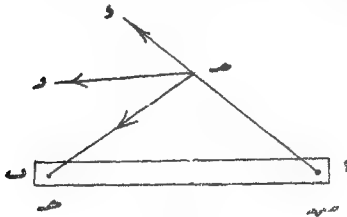
ليست هذه الخطوط قاصره على المستوى الواحد المبين بالرسم فهي حقيقة توجد في الفراغ حول القطب المؤثر (١)



شكل (٣٨)

بند (٣٨) المجال حول مغناطيس

نأخذ الآن مغناطيسا كاملا بقطبيه الشمالى والجنوبى ونفرض أننا نريد تخطيط خطوط القوة المغناطيسية وفي هذا المجال نفرض أن (١) موقع القطب الشمالى ؟ (ب) موقع القطب الجنوبى وأن (ح) نقطة ما فى المجال فتكون هناك قوة تنافر بين القطب الشمالى الموضوع فى (ح) والقطب الشمالى (١) للمغناطيس واتجاه هذه القوة على المستقيم ح ح ومن ح الى ح شكل (٣٩)



شكل (٣٩)

وكذلك يكون بين القطب الذى فى (م) والقطب الجنوبى ب
 قوة تجاذب فى اتجاه المستقيم م ب واتجاهها من م الى ب
 وبما أن القطب المتأثر فى م واحد وأيضا القطبان م ب
 متساويان إذن النسبة بين القوتين على الترتيب هى النسبة العكسية
 لطول مربعى المستقيمين م ب م ب
 فإذا فرض أن م ب أصغر من م ب كانت القوة الاولى (التنافر
 بين م ب م ب) أكبر من القوة الثانية (التجاذب بين م ب ب)
 والنتيجة ان القطب م يكون واقعا تحت تأثير قوتين فى
 الاتجاهين م ب م ب
 ومعلوم من علم الميكانيكا ان تأثير هاتين القوتين مجتمعتين
 يعادل قوة اتجاهها م ب
 ويكون المستقيم م ب واقعا بين المستقيمين م ب م ب
 وأقرب الى اتجاه القوة الكبرى
 هذه هى الطريقة التى يمكن إيجاد مقدار وتأثير القوة الناشئة
 من هذا المجال المغناطيسى فى أى نقطة منه
 من هذا يتبين لنا أنه فى كل نقطة حول المغناطيس وفى مجاله
 توجد قوة مغناطيسية مؤثرة مقدارها واتجاهها يتوقف على موقع
 النقطة ولمقارنة قوات المجالات المختلفة يفرض دائما ان القطب
 المتأثر والذى أخذ الاوضاع المختلفة فى المجال هو قطب شمالى شدته
 الوحيدة كما بينا فى البحث السابق

ومن هذا نستنتج التعريف الآتى:
شدة المجال المغناطيسى في نقطة ما هى القوة المؤثرة على وحدة
الأقطاب الشمالية الموضوعة في هذه النقطة

بند (٢٩) خطوط القوى المغناطيسية في مجال قضيب ممغطس

نرى من البند السابق ان مقادير واتجاه قوات المجال المغناطيسى
لقضيب ممغطس تتغير بتغير وضع النقطة وليان ذلك بالتجربة
نجرى العمل كما يأتى:

تجربة (٢١)

ضع قضيبا ممغطسا على قطعة من الورق فوق منضدة أفقية
وخذ أبرة صغيرة مغناطيسية وضعها بالقرب من قطبها الشمالى تلاحظ
ان الأبره الصغيرة تأخذ وضعاً كالمبين بالشكل (٤٠) وتوجه الأبره

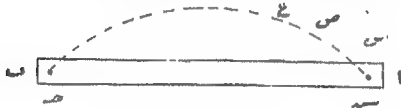


شكل (٤٠)

بقطبها الجنوبي نحو القطب الشمالى للمغناطيس كما في الشكل
عين على الورقة موضع القطب الشمالى للأبرة بنقطة مثل س
ثم أنقل هذه الأبرة بأجمعها لكي ينطبق قطبها الجنوبي على هذه النقطة
المعينة س وعين موقع القطب الشمالى للأبرة في هذا الوضع الثانى
بالنقطة ص مثلاً وانقل الأبرة الى وضع ثالث يكون فيها قطبها

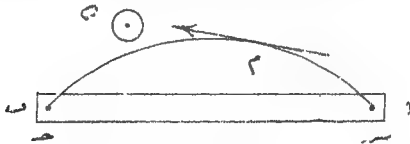
الجنوبي عند م وكرر نفس العملية عدة مرات

فاذا أجريت هذه العملية بدقة تتبع خط منكسر يمر بالنقط
٢ ١ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ الخ مبتدئا من القطب الشمالى ١ ومنتها عند القطب
ب وعندما يصغر طول الأبرة المستعملة فى هذه العملية الى حد
صغير جدا تصل أقسام الخط المنكسر الى عدد كبير جدا ويمكن ان
نعتبره خطا منحنيا شكل (٤١) هذا الخط المنحنى هو الذى نسميه



شكل (٤١)

خط القوة المغناطيسية وظاهر من التجربة أنه لو وضعت فى هذا
المجال أبرة مغناطيسية صغيرة على نقطة من هذا الخط المنحنى



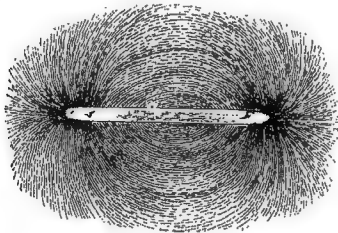
شكل (٤٢)

فأنها تتجه فى اتجاه المماس لهذا الخط عند هذه النقطة ومعنى ذلك
أننا اذا أخذنا اى نقطة مثل م على هذا الخط ورسمنا منها

المماس م ه لهذا الخط المنحني كان اتجاه م ه شكل (٤٢) هو اتجاه الابرّة الصغيرة التي توضع عند م وبعبارة أخرى يكون الاتجاه م ه اتجاه القوة المغناطيسية في هذا المجال عند النقطة م نستنتج التعريف الآتي :

خط القوة المغناطيسية في أي مجال مغناطيسي هو الخط الذي إذا رسم له مماس عند أي نقطة كان اتجاه هذا المماس اتجاه القوة المغناطيسية لهذا المجال عند هذه النقطة

ويمكن رسم عدد لا نهاية له من خطوط القوة المغناطيسية لأنه واضح من التجربة السابقة أنه لكل نقطة نبتدي بها في رسم الخط ينتج خط مخالف للذي يبتدي من أي نقطة أخرى وشكل ٤٣ يبين عدة خطوط للقوى في المجال السابق الذكر



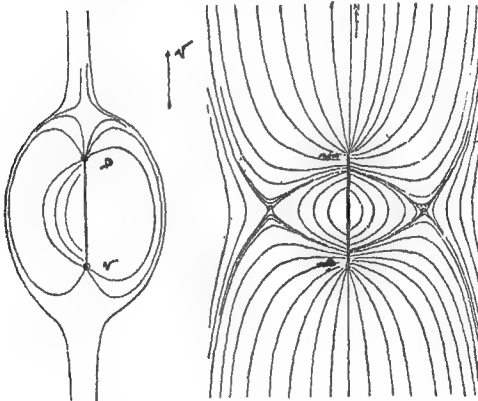
شكل (٤٣)

وبحسن دائماً أن نبين الاتجاه على هذه الخطوط كما في الشكل وبما تقدم نعلم أن الاتجاه لا بد أن يكون من القطب الشمال إلى القطب الجنوبي

بند (٣٠) استعمال برادة الحديد لتخطيط المجال

(تجربة ٢٢) :

ضع قضيبا مغناطيسيا فوق منضدة أفقية وضع فوقه قطعة من الورق تكفي لتغطيته بجميع طوله ورش فوقه رقة مقدار آمن برادة الحديد مع دق الورقة دقا خفيفا طول الوقت تجد أن البرادة تترتب على الورقة لتكون شكلا يماثل الشكل السابق شكل (٤٣) ويتكون عندك خطوط القوة المغناطيسية في هذا المجال



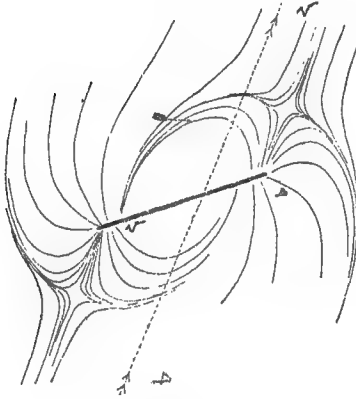
شكل (٤٥)

المجال المغناطيسي لقضيب ممغنط متجه قطبه
الشمال نحو الجنوب

شكل (٤٤)

المجال المغناطيسي لقضيب ممغنط متجه قطبه
الشمال نحو الشمال

يمكن استعمال هذه الطريقة لرسم خطوط القوة المغناطيسية
في أحوال أخرى كثيرة نأخذ منها الآن أمثلة الآتية :



شكل (٤٦)

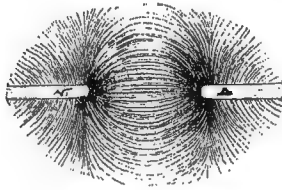
المجال المغناطيسي لقضيب ممغنط محوره مائل على الخط الشمالى الجنوبى للارض

شكل (٤٤) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغنط متجه قطبه
الشمالى نحو الشمال

شكل (٤٥) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغنط متجه
قطبه الشمالى نحو الجنوب

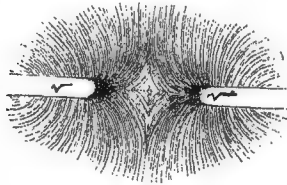
وشكل (٤٦) يبين المجال المغناطيسى لقضيب ممغنط محوره
مائل على خط الشمال الجنوبى للارض

وشكل (٤٧) يبين المجال المغناطيسي لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المختلفان متجاوران وشكل (٤٨) يبين المجال المغناطيسي لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المتماثلان متجاوران



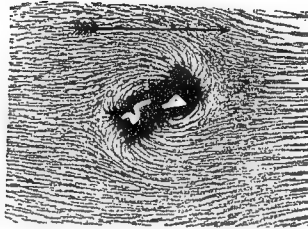
شكل (٤٧)

المجال المغناطيسي لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المختلفان متجاوران



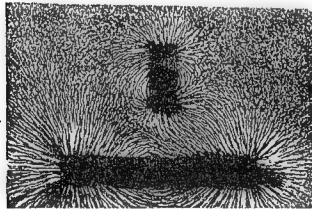
شكل (٤٨) المجال المغناطيسي لقضيبين على استقامة واحدة قطباهما المتماثلان متجاوران

وشكل (٤٩) يبين المجال المغناطيسي لقضيب ممغنط مائل بالوضع المبين بالرسم وشكل (٥٠) يبين المجال المغناطيسي لقضيبين محوراهما متعامدان على بعضهما



شكل (٤٩)

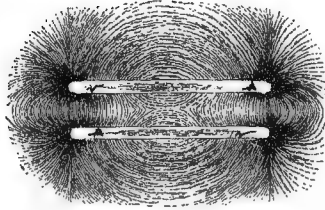
المجال المغناطيسي لقضيب ممسك مائل بالوضع المبين بالرسم



شكل (٥٠)

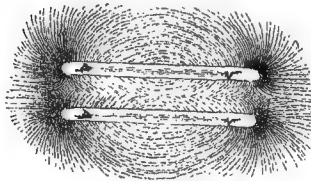
المجال المغناطيسي لقضيبين عموديهما متعامدان على بعضهما

وشكل (٥١) يبين المجال المغناطيسي لقضيبين متوازيين أقطابهما

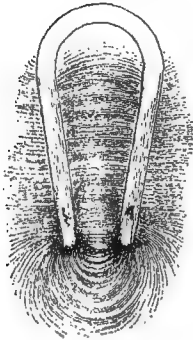


شكل (٥١) المجال المغناطيسي لقصبيين متوازيين أقطابهما المختلفة في اتجاه واحد

المختلفة في اتجاه واحد وشكل (٥٢) يبين المجال المغناطيسي لقصبيين متوازيين أقطابهما المتماثلة في اتجاه واحد وشكل (٥٣) يبين المجال المغناطيسي لمغناطيسين على هيئة نعل القرس



شكل (٥٢) المجال المغناطيسي لقصبيين متوازيين أقطابهما المتماثلة في اتجاه واحد



شكل (٥٣) المجال المغناطيسي لمغناطيس على هيئة نعل القرس

بند (٣١) يتبين لنا من الشرح السابق ان هناك طريقتين

لرسم خطوط القوة المغناطيسية في المجال

أولاً — طريقة الأبرة المغناطيسية الصغيرة

ثانياً — طريقة البرادة

وفي كل من الحالتين تلاحظ من الشكل ان هذه الخطوط

تكون متقاربة ويكثر عددها في مسافة معلومة بالقرب من

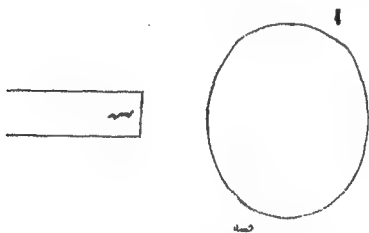
القطبين وتكون متباعدة ويقل عددها كلما بعدنا عن القطبين

ومعلوم ان شدة المجال تكون اكبر ما يمكن عند القطبين

وتقل بالبعد عنهما. لذلك نستنتج ان عدد خطوط القوة المغناطيسية

في منطقة ما حول مغناطيس يمكن أخذه مقياساً لمقدار شدة المجال

وفي الحقيقة قد اتفق على أن مقدار ما يرسم من هذه الخطوط في السنتيمتر المربع حول نقطة ما من المجال المغناطيسي يجب أن يكون مساويا لمقدار شدة المجال مقدرة بالداين عند هذه النقطة ولشرح ذلك نفرض أن Γ دائرة (في مستوي عمودي على مستوي الورقة) مساحتها سنتيمتر مربع تماما وأن أمامها القطب الشمالي لمغناطيس ما (شكل ٥٤)



شكل (٥٤)

فأنتا نعلم بما تقدم ان خطوط القوة المغناطيسية تخرج من هذا القطب في جميع الاتجاهات حوله فلا بد لجزء منها ان يكون مارا بمساحة هذه الدائرة

فاذا كانت شدة المجال عند سطح هذه الدائرة $= \text{هـ دايين مثلاً}$ وجب ان نبين خمسة خطوط تمر من سطح هذه الدائرة وخارجة من المغناطيس لكل سنتيمتر مربع

يلاحظ بما تقدم ان هناك عدة شروط يجب ان تتوافر لكي يكون ما قدمنا صحيحا

أولا - يجب أن تكون شدة المجال واحدة على جميع نقاط سطح الدائرة والا وجب أن نأخذ أجزاء صغيرة من هذه المساحة ونحسب الشدة عند كل نقطة وهذا يحتاج لبحث رياضي آخر

ثانيا — يجب أن يكون اتجاه خطوط القوة عموديا على سطح الدائرة وإن لم يمكن كذلك وجب أن ندخل جيوب أو جيوب تمام زوايا الميل وتحتاج إذن لبحث رياضي آخر

ومع كل هذا فإننا نقصد من الشرح التقريبي السابق أن نقرب من ذهن الطالب معنى خطوط القوة المغناطيسية

بند (٣٢) قد يظن الطالب أن هذه الخطوط المسماة خطوط القوة المغناطيسية لها حقيقة خصوصا بعد أن وجدها بطريقة البرادة أو طريقة الأبرة المغناطيسية الصغيرة

ولكن الواقع أنها مجرد فرض تخيلي يساعد على فهم المجالات المغناطيسية واختلاف شدتها في النقاط المختلفة ومع كل هذا فستجد في الجزء العملي أن استعمالها يساعد كثيرا على فهم الظواهر المغناطيسية الدقيقة المختلفة

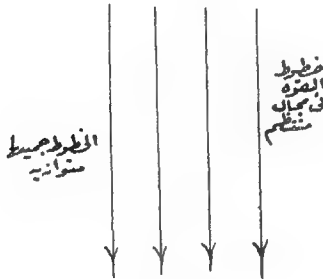
وزيادة على ذلك فإن تسميتها خطوط مغناطيسية فيه الخطأ الهندسي المعروف من أن الخط ليس له سمك مطلقا فكيف يمكن أن يوجد مثلا خمسة خطوط في مسافة سنتيمتر مربع كما قدمنا إذا لم يكن لهذه الخطوط سمك

لهذا يكون الأفضل تسميتها أنابيب مغناطيسية لا خطوط

مغناطيسية ولكن مع التساهل وكثرة الاستعمال حفظت كلمة
خطوط واستعملت في جميع الاحوال

بند (٣٣) ملاحظات عامة على المجال المغناطيسي
اولا — اذا كان عدد الخطوط دائما واحدا في جميع مناطق
المجال المغناطيسي كان هذا المجال ذا شدة ثابتة ويسمى بمجالا مغناطيسيا
منتظما وبديهي من الهندسة ان هذا لا يتأتى الا اذا كانت خطوط
القوة نفسها متوازية

و المثال الوحيد الذي يجب ان نعرفه لذلك هو المجال المغناطيسي
الأرضي ولذلك يبين هذا المجال بخطوط متوازية يتجه في اتجاه
القوة المغناطيسية الأرضية اي في الاتجاه من الشمال الى الجنوبي
انظر شكل (٥٥)



شكل (٥٥)

ومع أن هذا الفرض تقريبي لأن مقدار القوة المغناطيسية الأرضية يختلف في النقط المختلفة على سطح الأرض كما أن مقدار القوة في اتجاه أفقي يختلف عن مقداره في اتجاه رأسي في الأماكن المختلفة إلا أنه في المكان الواحد لا يمكن أن يكون هناك أي فرق يذكر في جميع النقط حوله وذلك لأن سعة أي غرفة أو كبر أي جهاز نستعمله لا يمكن أن يعد شيئاً بالنسبة للمسافة بين قطبي الكرة الأرضية كما ذكرنا ذلك في مناسبة أخرى أنظر بند (٢٦) ثانياً — قد توجد نقط في بعض المجالات تكون القوة المغناطيسية فيها معدومة وأمثلة ذلك كثيرة منها النقطة التي تكون على بعدن متساويين من قطبين متساويي الشدة ومن نوع واحد أنظر الأشكال المغناطيسية بند (٣٠) فإذا فرض كما في شكل (٥٦) أن S_1 و S_2 قطبان شماليان



شكل (٥٦)

متساويان في الشدة وكانت M نقطة في وسط المسافة بينهما تماماً كانت القوة عند M صفراً وفعلاً إذا وضعت ابرة صغيرة عند M لا تأخذ أي اتجاه كان إلا إذا كان تأثير المغناطيسية الأرضية شيئاً يذكر بالنسبة لتأثير المغناطيسيات المستعملة في هذه التجربة كذلك إذا رسم مستقيم يمر بنقطة M عمودياً على الخط الواصل بين القطبين فإن جميع نقط هذا المستقيم ينطبق عليها الشرط السابق

أي لا يكون فيها قوة مغناطيسية من هذين القطبين مجتمعين
 هذا يفسر لك شكل المجال بين قطبين من نوع واحد وكيف
 أنه توجد مسافة خالية من البرادة في منتصف المسافة بينهما
 ثالثاً — قد توجد هذه النقط المدومة القوي أيضاً في مجال
 قضيب مغناطيسي معتاد وذلك لأنه مهما كبرت أو صغرت شدة
 المجال الحادث من هذا المغناطيس فلا بد أن توجد نقطة تكون
 فيها شدة هذا المجال تساوى وتضاد شدة المجال الأرضي وكذا
 لا بد أن توجد نقطتان دائماً يحدث فيهما ذلك أي تكون القوة
 النهائية للجهالين (مجال المغناطيس المعلوم والمجال الأرضي) معا صفراً
 رابعاً — عند تخطيط المجالات المغناطيسية بواسطة البرادة
 يكون هناك تأثير في ترتيب البرادة ناشئ عن وجود المجال الأرضي
 ولهذا إذا كانت الورقة كبيرة وكان المغناطيس المستعمل ضعيفاً
 نجد أنه عند النقط البعيدة من المغناطيس تكون الخطوط متوازية
 دلالة على أنها خطوط المغناطيسية الأرضية

أسئلة

- (١) اشرح معنى المجال المغناطيسي وأيضاً خطوط القوي المغناطيسية
- (٢) لرسم قضيباً ممغطساً وعين قطبيه ثم وضع بخطوط منقطة
 المجال المغناطيسي الحادث منه وكذلك إذا كان هذا القضيب
 على هيئة نعل الفرس
- (٣) اشرح بالتفصيل الطرق اللازمة لمقارنة شدة أقطاب مختلفة
- (٤) القوة المؤثرة بين قطبين مغناطيسيين تزداد بنقصان المسافة

بينهما - أذكر القانون الدال على ذلك وكيف يمكن برهنته بتجربة
(٥) ماهى القوة بالدان المؤثرة بينهما قطبين مغناطيسيين شدتهما
٢٠ ٦ ٥ وحدة على التوالى إذا كانت المسافة بين بينهما ٥.
سنتيمترات الجواب (٤ دان)

(٦) شدة قطب قضيب مغناطيسى هى ٤٥ وحدة ويعد عن
قطب مغناطيس آخر بمسافة ٦ سنتيمترات والقوة المؤثرة بين
القطبين هى ٣٠ دان. أوجد شدة قطب المغناطيس الآخر
الجواب (٢٤ وحدة)

(٧) لماذا نرى في بعض الأحيان أن الأزاميل وبعض العدد
الأخرى تكون ممغنطة



الباب الخامس

معلومات وتطبيقات عملية للمغناطيس

بند (٣٤)

ذكرنا فيما سبق بند (٢٨) تعريف شدة المجال المغناطيسي وقلنا اذ ذاك أنه اتفق على أن مقدار خطوط القوى المغناطيسية في السنتيمتر المربع من المجال يكون بقدر شدة المجال المغناطيسي مقدرًا بالداينات

وإذا اخذنا أبسط الأحوال في المجالات المعروفة وهي حالة المجال بين قطبين لمغناطيس واحد نلاحظ ان هذه الخطوط تكون مزدحمة بالقرب من القطبين وقليلة في النقط البعيدة عنها شكل (٤٣) ولقد ظهر لنا صحة ذلك عمليا من طريقة رسم هذه الخطوط بالبرادة أو بالأبرة المغناطيسية الصغيرة بند (٢٩) ٦ بند (٣٠) لهذا نرى ان فرضنا الذي نقول فيه إن عدد الخطوط في منطقة ما من المجال يتناسب مع مقدار شدة المجال في هذه المنطقة يتفق وما رأيناه من هذه التجارب لأنه من البديهي أن تكون شدة المجال أكبر ما يمكن بالقرب من كل من القطبين

ونضيف إلى ذلك الآن أن هذه الخطوط التي قلنا إنها تتجه من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى تكمل دائرتها داخل الحديد نفسه ولهذا كان عددها في الحديد نفسه أكبر بكثير من عددها خارج الحديد

فلو فرض مثلا أن مائة من الخطوط تخرج من القطب الشمالى لتمر في الهواء وتنتهى عند القطب الجنوبى فتكون هذه الخطوط جميعها محصورة في المنطقة الهوائية المحيطة بالمغناطيس والتي سمينها مجال هذا المغناطيس والتي قلنا عنها أنها تنتشر إلى مسافة لانهائية في هذا المجال

ولكن جميع هذه الخطوط يجب أن تكمل دائرتها داخل الحديد متجهة من قطبه الجنوبى إلى قطبه الشمالى من هذا يتبين لنا أن عدد الخطوط التي تمر في كل سم^٢ من مساحة المغناطيس أكبر بكثير من مثلها في الهواء المحيط به أو المجال الذي يحدثه حوله

وتسمى هذه بشدة الازدحام أو بكثافة التأثير في الحديد

بند (٣٥) عدد الخطوط المغناطيسية من مغناطيس ما ليس عدد خطوط القوة المغناطيسية الخارجة من قطب مغناطيسى بل هو عدد ثابت يتعلق فقط بمقدار شدة القطب الذى تخرج منه هذه الخطوط لأننا يمكننا أن نثبت نظريا أن القطب الذى شدته م يخرج منه عدد من الخطوط قدره $\frac{4\pi}{\mu}$ م

يفرض أن ط النسبة التقريبية فإذا فرضنا أن مساحة المقطع المستعرض للقطب نفسه = (س) سم^٢ كان عدد الخطوط في السنتيمتر المربع = $\frac{ط}{س}$ أى أن كثافة التأثير في قطب مغناطيسى

مساحته (س) س. م^٢ وشدته م من وحدات الشدة = $\frac{ط}{س}$ خطأ

في كل س. م^٢

هَذَا رمزنا لكثافة التأثير بالحرف ت يتج ان $\frac{ط}{س} = ت$

وليعلم الطالب ان هذا البحث يقرب جدا من الحقيقة لاننا اهملنا بعض تأثيرات صغيرة لا يمكن ذكرها الآن

ما تقدم نرى اذن ان عدد الخطوط في الحديد اكبر منه في الهواء ولذلك نقول ان الحديد يجمع خطوط القوى المغناطيسية

تجربة (٢٣)

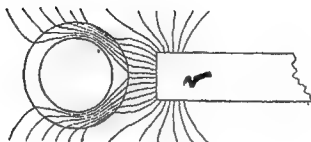
خذ قضيا من المغناطيس وضعه على منضدة أفقية وضع امامه

حلقة من الحديد المطاوع كما في شكل (٥٧)

ثم ضع فوق هذا قطعة من الورق وبعثر فوق الجميع كمية من

برادة الحديد ودق الورقة قليلا أثناء سقوط البرادة عليها لتجعل

البرادة تترتب في اتجاه خطوط القوة المغناطيسية



شكل (٥٧)

تجد أن البرادة تترتب في اتجاهات معلومة كما في الشكل
ويتبين لك أن خطوط القوة تميل لأن تمر من الحديد بدلا من
الهواء وأنها تزدهم في قطعة الحديد

وبما أننا نينا أن شدة المجال تتعلق بعدد الخطوط لذلك إذا
قربنا إبرة مغناطيسية من حلقة الحديد نجد أنها تتأثر من حلقة
الحديد كما لو كانت هذه الحلقة مغناطيسا وفي الحقيقة تصبح حلقة
الحديد مغناطيسا بالتأثير

بند (٣٦) معامل النفاذ

إذا حسب عدد خطوط القوة المغناطيسية في نقطة ما من
المجال في الهواء وحسب أيضا عدد الخطوط في قطعة من الحديد
توضع في هذه النقطة ثم قسم العدد الثاني على الأول تنتج نسبة
نسميها معامل النفاذ للحديد

تعريف — معامل النفاذ للحديد هو خارج قسمة عدد
الخطوط في السنتيمتر المربع من مقطع الحديد على عدد الخطوط

في الستيمتر المربع في الهواء قبل وضع الحديد وذلك في النقطة
الواحدة من المجال ولتبين ذلك بالرسم نفرض ش م مغناطيسا
وضع أمامه قطعة الحديد اب شكل (٥٨)



شكل (٥٨)

فاذا أخذنا النقطة ١ مثلا ووجدنا أن عدد الخطوط في الستيمتر
المربع من مقطع الحديد عند ١ = ع_١ وأن عدد الخطوط
في الستيمتر المربع عند ٢ في الهواء قبل وضع الحديد = ع_٢
فإن $\frac{١٤}{ع_٢} = \text{معامل النفاذ} = ف$

ومن خاصية الحديد المعروفة من أنه يجمع خطوط القوة
المغناطيسية يكون عدد الخطوط عند ب هو نفس العدد عند ١
ويصبح اب مغناطيسا بالتأثير قطبه الجنوبي عند ١ وقطبه الشمالي
عند ب

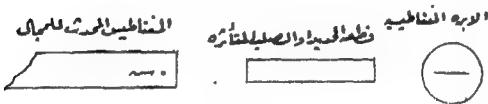
ومعامل النفاذ هذا ليس ثابت المقدار دائما بل يتعلق بشيئين
أساسيين هما :

- أولا — نوع الحديد
- ثانيا — شدة المجال

فأولا : تأثير نوع الحديد على مقدار معامل النفاذ - إذا أخذنا

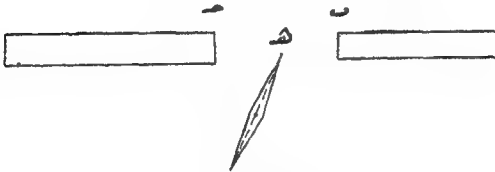
قطعة من الحديد وأخرى مثلها تماما من الصلب ووضعناهما على التوالى في نقطة واحدة من مجال مغناطيسى معلوم نجد أن شدة تمغطس الأولى بالتأثير أكثر من شدة تمغطس الثانية

ويمكن إجراء هذه التجربة بسهولة بتقريب إبرة مغناطيسية على مسافة معلومة من كل منهما فنلاحظ أن تأثير الحديد على الإبرة أكبر من تأثير المغناطيس أنظر شكل (٥٩)



شكل (٥٩)

ويمكن إجراء التجربة بطريقة أسهل كما يأتي :-
خذ قضيبين متماثلين صغيرين أحدهما من الحديد ب والآخر من الصلب هـ و شكل (٦٠) بحيث يكون محورهما على استقامة



شكل (٦٠)

واحدة ثم احضرة مغناطيسية معتادة وضعها بينهما بحيث يكون احد قطبيها (هـ) في منتصف المسافة بينهما فتجد ان الابر تنحرف بحيث يتجه قطبها (هـ) نحو الحديد ويمكن تفسير ذلك كما يأتي:—

القطب (هـ) للابرة يحدث مجالا يؤثر على الطرفين ب و هـ من القطعتين ولكن معامل النفاذ للحديد اكبر من معامل النفاذ للصلب فتكون النتيجة ان ب يصبح قطبا اقوي من القطب ح ولهذا تكون قوة جذب ب على هـ اكبر من قوة جذب هـ على هـ ولهذا تميل الابر نحو ب

وثانيا : تأثير شدة المجال

وجد بالتجربة ان معامل النفاذ يختلف لقطعة واحدة من الحديد باختلاف شدة المجال الذي توضع فيه القطعة وليست هذه التجارب مما يتيسر شرحه شرحا ابتدائيا وسنأتى على شرحها فيما بعد الا اننا نلخص النتائج التي نحصل عليها فيما يأتي:

(١) — في المجالات الضعيفة جدا يكون مقدار معامل النفاذ صغيرا
(ب) — في المجالات المتوسطة والقوية يكبر مقداره الى ان يصل الى مايزيد عن الف

(هـ) — في المجالات القوية جدا التي تجعل الحديد يصل الى درجة التشبع يصبح مقدار معامل النفاذ قليلا جدا

وأهمية دراسة هذه الخواص للحديد هي أنه عليها يتوقف عمل الآلة من حيث الجهة المفقود فيها ودرجة الجودة المثوية لها وقدرتها على تحمل الاحمال التي تزيد على طاقتها وجميع ما يتعلق بتصميم الدوائر المغناطيسية في الآلات الكهربائية

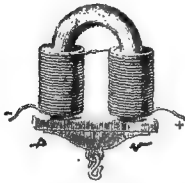
تطبيقات عملية للمغناطيس : —

بند (٣٧) أهم ما يجب علينا معرفته في استعمال المغناطيس عمليا هو ما يأتي :

أولا — استعمال القضبان المغناطيسية المختلفة الأشكال والاحجام في التجارب العملية بالمعامل لدراسة خواص المغناطيس وقد ذكرنا فيما تقدم بند (١٩) ان هذه تصنع من الصلب لتبقى مغناطيسيتها زمنا طويلا

ثانيا — المغناطيس الكهربائي

ذكرنا أيضا فيما تقدم بند (١٧) ان المغناطيس الكهربائي



(شكل ٦١)

يتركب من قضيب من الحديد المطاوع يكتسب مغناطيسيته عند مرور تيار كهربائي في سلك معزول يلف حول الحديد عددا معلوما من اللفات وأكثر أشكال المغناطيس الكهربائي استعمالا هو الذي على شكل

حذاء الفرس (شكل ٦١) وفي هذا يجب ان يلف عليه السلك

في اتجاه يحدث قطبا شماليا في أحد طرفيه وقطبا جنوبيا في الآخر
ولمعرفة طريقة لف السلك حول المغناطيس لكي نصل الى ذلك
تذكر القاعدة الآتية وهي . —



(شكل ٦٢)

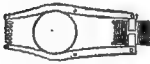
إذا نظر الى طرف المغناطيس من الأمام أي في اتجاه السهم
المرسوم شكل (٦٢) أمام المغناطيس وكان اتجاه مرور التيار
حول المغناطيس في اتجاه عقارب الساعة كان القطب المحاط بهذا
السلك الذي أمامنا قطبا جنوبيا وأما إذا كان دوران التيار حول
المغناطيس في اتجاه ضد اتجاه عقارب الساعة كان القطب شماليا
شكل (٦٣) وسنشرح ذلك بتوسع فيما بعد



(شكل ٦٣)

وتصنع المغناطيسيات الكهربائية دائما من الحديد المطاوع
لأننا نريد ان تكتسب مغناطيسيتها فقط أثناء مرور التيار
وتفقدتها بأجمعها تقريبا عند قطع التيار وهذه الخاصية هي التي
من أجلها يستعمل المغناطيس الكهربائي

وليس من الضروري علينا ان نعد جميع الآلات التي يستعمل
فيها المغناطيس الكهربائي لكثرتها
فيستعمل مثلا في الجرس الكهربائي وفي التلغراف وإشارات



شكل (٦٤)

السلك الحديدية والمنبهات للحريق وقاطع
التيار عند زيادة مقداره عن مقدار
معلوم في دائرة كهربائية ما والمفاتيح

الأوتوماتيكية والفرامل الكهربائية ورفع الاثقال الحديدية في
المعامل وغير ذلك مما لا يمكن حصره مطلقا

وشكل (٩) يبين مغناطيسا لرفع الاثقال و شكل (٦٤) يبين

فرملة كهربائية و شكل (٦٥) يبين مفتاح توصيل أوتوماتيكي



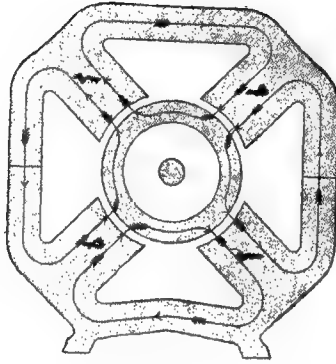
شكل (٦٥)

(ثالثا) — المغناطيس في الآلات المولدة والمحركة اى في المولدات والمحركات

يتركب الجهاز المولد او المحرك من جزئين أساسين

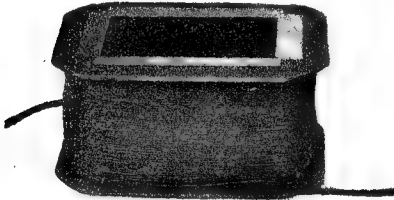
(١) المنتج (عضو الاستنتاج) وهو مجموعة من أسلاك نحاسية يتكون فيها التيار المطلوب اذا كان الجهاز مولدا ويمر فيها التيار من الخارج اذا كان الجهاز محركا ولا دخل لنا بهذا الجزء الآن
(ب) المنبه (عضو التنبيه) وهو عبارة عن عدة أجزاء مغناطيسية يتكون بواسطتها المجال المغناطيسى اللازم لأحداث التيار المطلوب فى المنتج إذا كان الجهاز مولدا ولا تحدث الحركة فى المنتج إذا كان الجهاز محركا وهذا هو الجزء الذى يعيننا الآن وفى الأشكال البسيطة المعتادة من هذه الآلات يتركب هذا الجزء الأخير المحدث للمجال المغناطيسى اللازم من غلاف عظيم من حديد الزهر يكون جزء منه قاعدة الآلة نفسها ويبرز منه فى جملة نقط قطع من الحديد تكون الأقطاب المغناطيسية التى تواجه المنتج وتنتهى هذه الأقطاب بقطع أخرى تسمى أحذية الأقطاب

ويدور المنتج بين الأقطاب المغناطيسية بحيث يكون بين سطح أسطوانة هذا المنتج وبين أحذية المغناطيس مسافة صغيرة جداً على تدبر الامكان وشكل مرور خطوط القوى المغناطيسية فى الدوائر المغناطيسية لآلة من هذه مبين بشكل (٦٦)



شكل (٦٦)

فكأن خطوط القوي هذه تمر بالغلاف ثم من قطب إلى آخر بجواره مخترقة جسم المنتج كما سترى بعد وتتمخض الأقطاب بملفات حولها تحمل تيارا كهربائيا وقد يكون هذا التيار خارجيا عن الآلة إلا أنه غالبا يكون جزءاً من نفس التيار الذي تولده الآلة وشكل (٦٧) يبين شكل قطب من هذه الأقطاب



شكل (٦٧)

وتصنع هذه الأجزاء المغناطيسية من أنواع الحديد الآتية
أولاً — الغلاف — من معدن الحديد الزهر أو الصلب
المسبوك

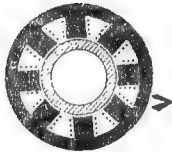
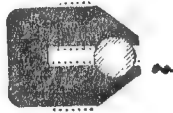
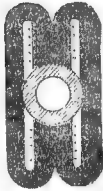
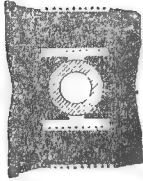
ثانياً — الأقطاب — من ملفات من السلوك النحاسية
ملفوفة حول أقطاب من معدن الزهر أو الصلب مثبتة بالغلاف
ثالثاً — أحذية الأقطاب — من صفائح رقيقة من معدن
الحديد المطاوع أو الصلب بينها مادة عازلة
أما جسم المنتج الذي هو في الحقيقة جزء من الدائرة
المغناطيسية فإنه يصنع من أطرى أنواع الحديد مكونا من عدة
صفائح بينها مادة عازلة

بند (٣٨) أشكال الأقطاب المغناطيسية للمولد

شكل نمرة (١) يبين مغناطيس دينامو أيدسن (شكل ٦٨)
ذى القطبين السفليين ويلاحظ فيه أن القطبين الرئيسيين أسطوانتين
وان واصل الاقطاب ذو سمك كبير

ومضار هذا النوع هو صعوبة تثبته على الفرش لأنه
لو وضع على فرش من الحديد فأن جزءاً عظيماً من مغناطيسية
الأقطاب تهرب في الفرش ولذا يوضع بينه وبين الفرش ركائز
من البرنز أو الخارصين

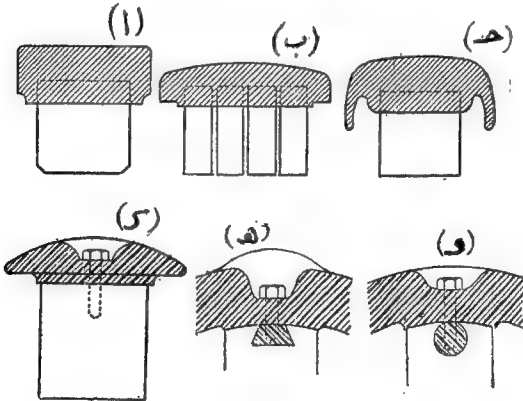
ونمرة (٢) يبين مغناطيساً منسوباً الى وستن وهو ذو قطبين
ولكن له دائرتان من (ش) الى (ج) ويمكن اعتبار أنه نوع
مزدوج لنمرة (١)



(نكر ٦٨)

نمرة (٣) يبين تصميمها منسوبا الى كاب وفيه قطبان أصليان

من نوع واحد وقطبان تابعان بينهما وبه زوج واحد من الملفات
لمخاطبة الأربعة الأقطاب وهو يستعمل للاتصالات الصغيرة
ونمرة (٦) المنسوب الى رانكن كندى تحسين عليه
ونمرة (٤) يبين ديناموله قطبان من النوع الفوق
ونمرة (٥) يبين نوعا ضخما جدا من الدينامو
ونمرة (٨) يبين نوعا متعدد الأقطاب وهذه الأقطاب
مثبتة داخل محيط طوق وهي موجبة وسالبة بالتبادل أى (ش ج)
ويستعمل بكثرة فى الديناموات الكبيرة وشكل (٦٩) يبين
سبعة أنواع مختلفة لأشكال واصلات الأقطاب



(شكل ٦٩)

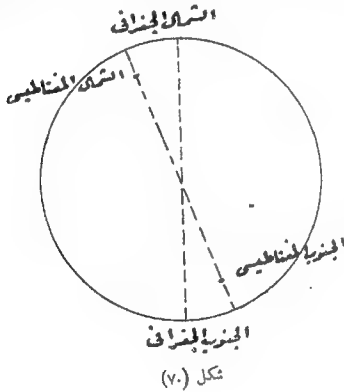
١ ب و ح للوصلات المصنوعة من حديد الزهر

أما د ه و ف من الحديد

الباب السادس

المغناطيسية الأرضية

(بند ٣٩) علمنا مما سبق أن الابرّة المغناطيسية إذا علقّت تعليقاً خالصاً أو ارتكزت على محور رأسى لتتحرك فى مستوى أفقى فانها تتجه شمالاً وجنوباً وعلمنا أيضاً أن هذا الاتجاه يعين خط لزوال المغناطيسى الذى لا ينطبق تماماً على خط الزوال الجغرافى إلا فى بعض أماكن على سطح الكرة الأرضية وقلنا أيضاً أنه لا بد أن يكون هناك مجال مغناطيسى للأرض بسبب توجيهها هذا إلى الشمال والجنوب مهما كان موضعها على سطح الكرة



الأرضية ويمكن تصوير ذلك بأن نفرض أن داخل الكرة الأرضية مغناطيس قطبه الشمال بالقرب من القطب الشمالى الجغرافى وقطبه الجنوبى بالقرب من القطب الجنوبى الجغرافى كما فى (شكل ٧٠) ويقع القطب الشمالى المغناطيسى الأرضى (على حسب تعيين السير جيمس روس له سنة ١٨٣١) فى نقطة على خط طول $٩٦^{\circ}٤٦'$ غربا وخط عرض $٧٠^{\circ}٥٠'$ فى شمال أمريكا فى الجهة المسماة يوثيا فلكس ويقع القطب الجنوبى المغناطيسى فى نقطة على خط طول $١٦^{\circ}١٥٥'$ شرقا وخط عرض $٢٥^{\circ}٧٢'$ (على حسب تعيين السير شاكلتن له فى سنة ١٩٠٩) ومع هذا فإن هذه المواقع ليست ثابتة تماما كما سنبين بعد

بند (٤٠)

إذا قلنا إن القطب الشمالى المغناطيسى الأرضى هو الذى بالقرب من الشمالى الجغرافى كما فى البند السابق تعين لنا أن نذكر أن القطب الذى يتجه شمالا من الابرّة المغناطيسية لابد أن يكون هو القطب الجنوبى لهذه الابرّة لأن التجاذب لا يكون إلا بين قطبين متضادين ولكننا لا نزال نسمى القطب المتجه شمالا من الابرّة بقطبها الشمالى وهذا خطأ يمكن اتقاؤه بتسمية قطب الابرّة المتجه شمالا بالقطب الباحث عن الشمال

ويمكن أيضا أن نتجنب هذا الخطأ بأن نسمى القطب المغناطيسى الأرضى الذى بالقرب من القطب الجغرافى الشمالى بأنه هو القطب المغناطيسى الجنوبى للكرة الأرضية

ولكن لا نزال نجد أنه يسمى القطب الشمالى فى كثير من
الكتب التى بين أيدينا لهذا تجد أن اتقاء هذا الخطأ يخرجنا عن
المألوف والمتفق عليه ولهذا سنتفق فى كتابنا هذا على ما يأتى
أولاً — القطب الشمالى المغناطيسى للكرة الأرضية هو
الذى بالقرب من القطب الشمالى الجغرافى
ثانياً — نسمى القطب المغناطيسى الذى يتجه شمالاً من
الأبرة بالقطب الباطن عن الشمال أو باختصار القطب الشمالى
مع تذكراً أنه هو فى الحقيقة القطب الجنوبى
وليس فى هذا أى خلط ما دمنا متأكدين من حقيقة نوع
الاقطاب دائماً

بند (٤١)

نتيجة عدم انطباق الاقطاب الجغرافية
والمغناطيسية للأرض



(شكل ٧١)

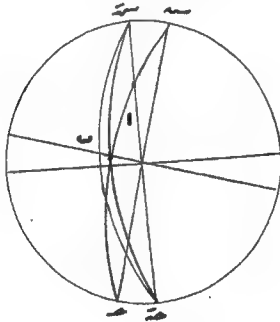
سبق أن عرفنا كلاماً من خط الزوال المغناطيسى
والجغرافى وعلمنا أن هذين لا ينطبقان على
سطح الكرة الأرضية الا فى أماكن قليلة
فلنفرض الآن أن هـ هو مسقط خط الزوال
الجغرافى لأى مكان ما مثل م على المستوى
الافقى وأن هـ هو مسقط خط الزوال المغناطيسى
لهذا المكان على المستوى الافقى وأن هـ مقدار
الزاوية م هـ المحصورة بينهما (شكل ٧١)

تسمى الزاوية θ زاوية الانحراف. وبذلك تكون زاوية الانحراف المغناطيسى لأي مكان هي الزاوية المحصورة بين خطي الزوال المغناطيسى والجغرافي لهذا المكان وتكون شرقا أو غربا بحسب ما اذا كان القطب الشمالى للابرة شرقا او غربا على الترتيب من خط الزوال الجغرافي

بند (٤٢)

تغير مقدار الانحراف في الامكنة المختلفة على سطح الارض

لكي نفهم ذلك بطريقة سهلة نأخذ مكانين A و B على خط واحد من خطوط الزوال الجغرافي شكل (٧٢) ونفرض أن S و M موقع القطبين الجغرافيين وأن S' و M' موقع القطبين المغناطيسيين



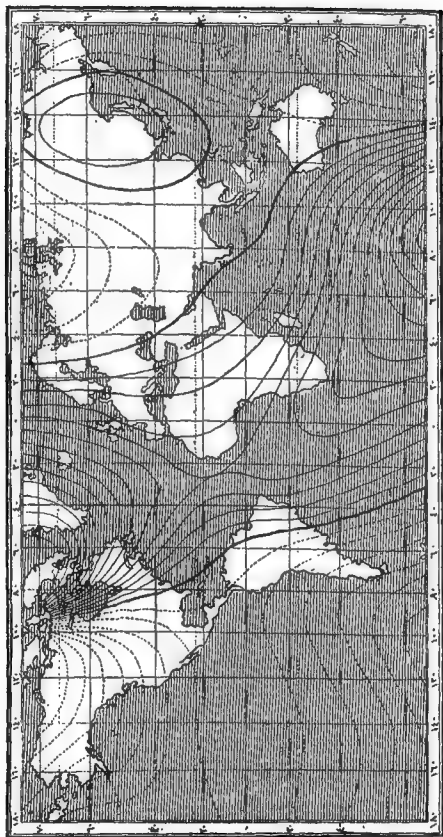
(شكل ٧٢)

فيكون خط الزوال المغناطيسي للمكان A هو $ش\ A$ وخط الزوال المغناطيسي للمكان B هو $ش\ B$ ويكون الانحراف عند A هو الزاوية $ش\ A\ ش$ وعند B هو $ش\ B\ ش$ وكلاهما غربا كما في الشكل فإذا أخذنا المثلث $ش\ A\ B$ نجد ان الزاوية $ش\ A\ ش$ زاوية خارجة في هذا المثلث وتكون اذن اكبر من الزاوية $A\ B\ ش$ أى من الزاوية $ش\ B\ ش$ ومن هذا نرى ان الانحراف عند A أكبر الانحراف عند B

ليتذكر الطالب أنه من الممكن إيجاد موقع مثل $و$ على الكرة الارضية ينطبق فيه خطا الزوال في هذا المكان ويكون الانحراف صفرا ومع ذلك نجد أنه لا يمكننا زيادة البحث في ذلك لأنه يستدعى معلومات أكثر في الهندسة الفراغية

وغاية الامر أننا يمكننا أن نذكر النتائج التي توصلنا اليها فعلا في موضوعنا هذا من البحث العملي خصوصا وان البحث النظري في هذا لا يؤدي دائما الى نتائج صحيحة لعدم التثبت من الفروض التي يبنى عليها البحث النظري

وعليه نذكر للطالب أنه قد قيست مقادير زوايا الانحراف في أماكن مختلفة عديدة على سطح الكرة الأرضية ومن هذه البيانات رسمت خطوط على سطح الخريطة الأرضية تبين الأماكن ذات الانحراف الواحد وتسمى هذه بخريطة الانحراف المغناطيسي شكل (٧٣) ونرى من هذه الخريطة ان الخطوط التي تجمع الأماكن ذات الميل الواحد ليست خطوطا منتظمة مطلقا



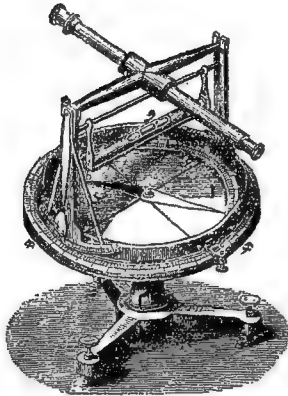
(۱۷)

ولكنها في مجموعها تشابه خطوط الطول الجغرافية
يتبين لنا أيضا من هذه الخريطة أن هناك خطين أحدهما يمر
بشرق أوربا وغرب آسيا والمحيط الهندي وأستراليا والآخر يمر
بأمريكا الشمالية والجنوبية وهما مئينان على الرسم بخطين سميكين
وهذان الخطان هما اللذان يكون فيهما الانحراف صفرا
وجميع الخطوط المرسومة على هذه الخريطة تسمى خطوط
تساوي الانحراف ومن هنا نعرف خط تساوي الانحراف بأنه
هو الخط الجامع لجميع المواقع على سطح الكرة الأرضية ذات
الانحراف الواحد

يوجد أيضا شكل يضاوي في شرق آسيا نجد فيه الانحراف
صفرا وأقصى مقدار يصل إليه الانحراف هو حول ٥٠° شرقا
أو غربا كما يتبين من الخريطة المذكورة
هذه الخرائط مفيدة جدا للملاحه وسندكر ذلك عند التكلم
على البوصلة البحرية

بند (٤٣) طريقة قياس الانحراف

يمكن قياس الانحراف بواسطة جهاز يقال له بوصلة الانحراف
وتركب كما في شكل (٧٤) من علبة نحاسية في قاعها دائرة
مقسمة إلى ٣٦٠° ويوجد في مركز العلبة ابرة مغناطيسية صغيرة
معينة الشكل تتحرك في مستوي أفقي ويتصل بالعلبة قائمان رأسيان
يحملان محوراً أفقياً يتحرك حول منتصفه منظار فلكي في مستوى رأسى
ومثبت حول العلبة من الخارج دائرة مثبتة مدرجة يمكن بواسطتها



(شكل ٧٤)

معرفة عدد الدرجات التي عملها المنظار بمساعدة ورنية مثبتة
في العلبة وهذه العلبة يمكن ان تتحرك في مستوى أفقى على
حامل (م)

ولاستعمال الجهاز يجب ضبط العلبة أفقيا بواسطة المسامير
البريكية الثلاثة وميزان التسوية الكؤلى (و)

ثم يعين خط الزوال الارضى بواسطة رصد النجم القطبي
أو بأي طريقة فلكية أخرى وبعد وضع المنظار في مستوي خط
الزوال تقاس الزاوية التي بين قطب الأبرة المغناطيسية ومسقط

النظار على قاعدة العلبة وحيث ان المحور المغناطيسى للابرة لا ينطبق على محورها الهندسى لذلك تقلب الابرة وتقرأ الزاوية التى عملها مع المسقط ثم يؤخذ متوسط الناتجين فيكون هذا هو الانحراف الحقيقى

بند (٤٤) تغير الانحراف فى المكان الواحد

ذكرنا ان الانحراف يتغير بتغير المكان على سطح الأرض ولكنه وجد ان مقدار هذا الانحراف فى المكان الواحد يتغير فى الازمنة المختلفة وهذه التغيرات فى المكان الواحد إما أن تكون منتظمة أو غير منتظمة

والتغيرات المنتظمة تنقسم الى قرنية وسنوية ويومية التغيرات القرنية :

أخذت عدة قراءات لمقدار الانحراف فى مدينة لندن ابتداء من سنة ١٥٨٠ ميلادية الى الآن وقد دل ذلك على أن الابرة المغناطيسية تتذبذب ببطء وفى زمن طويل فقد كان انحرافها شرقا ثم أخذ فى النقص تدريجيا الى أن أصبح صفرا ثم تغير الى جهة الغرب وأخذ فى الازدياد الى نهاية عظمى له ثم قل تدريجيا الى الصفر ثم عاد فأصبح شرقا

وقد قدر زمن الذبذبة الكاملة بنحو ٩٥٠ سنة وأقصى مقدار لهذا الانحراف كان فى سنة ١٨١٨ وكان غربا ويساوى ٢٤' ٣٨" وقد كان صفرا فى سنة ١٦٥٧ وينتظر أن يكون صفرا ثانيا فى سنة ٢١٣٠ تقريبا

التغيرات السنوية

وجد بالبحث أن مقدار الانحراف يصل الى نهايته العظمى غربا في شهر فبراير من كل سنة ثم يقل تدريجيا الى أن يصبح مقداره نهاية صغرى في شهر أغسطس ثم يعود يزداد في باقى المدة من السنة

التغيرات اليومية

وجد بالتجربة ان انحراف الأبرة لا يكون ثابتا طول اليوم وأن الأبرة تكون في وضعها المتوسط عند الساعة العاشرة صباحا وتنحرف الى الغرب من الساعة العاشرة صباحا الى الساعة الواحدة بعد الظهر حيث يبلغ التغير نهايته العظمى غربا بمقداره وبعد ذلك تعود الأبرة فتتحرك شرقا الى أن تصل إلى وضعها المتوسط حول الساعة السابعة مساء ثم تتحرك شرقا حتى تبلغ أقصى وضع لها شرقا في الساعة الثامنة صباحا ثم تعود فتتحرك غربا الى وضعها المتوسط حول الساعة العاشرة كما قدمنا وقد وجد أيضا أن مقدار التغير اليومى يكون فى الشتاء أقل منه فى الصيف

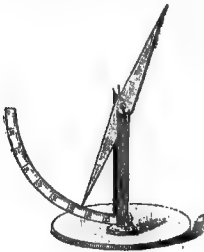
التغيرات غير المنتظمة :

يحدث للأبرة المغناطيسية أحيانا اضطراب يجعل مقدار انحرافها غير المعتاد وقد يكون هذا التغير كبيرا محسوسا وعادة

يحدث ذلك عند حدوث الزلازل واضطرابات البراكين
والتيارات الارضية وبعض ظواهر أخرى مثل النقط الشمسية
ولقد دل البحث أيضا على أن النقطة الشمسية التي مداها أحد
عشر عاما يتفق ظهورها مع تغير مدى الانحراف اليومي

بند (٤٥) الميل

فيما سبق كنا نفرض دائما أن الأبرة المغناطيسية تتحرك في
مستوى أفقى مرتكزة على محور رأسي ولكننا يمكن أن نجعل هذه
الابرة تدور في مستوي رأسي مرتكزة على محور افقى شكل (٧٥)



(شكل ٧٥)

ومن البديهي أنه اذا كانت الابرة
غير مغطسة مطلقا وكانت نقطة
دورانها هي مركز ثقلها فإنها
تقف أفقية دائما

ولكن اذا أخذت هذه الابرة
المغطسة ووضعناها بحيث يكون
مستوي دورانها هو خط الزوال
المغناطيسى ويكون المحور الافقى

الذي تتحرك حوله عمودا على خط الزوال المغناطيسى فإنك تجد
أن الابرة تميل بزاوية معلومة بالنسبة للخط الافقى المار بمركزها
وليس ميل هذه الابرة عن الاتجاه الافقى ناشئا من أن
الطرف الذي انخفض الى أسفل كان اكثر ثقلا من الآخر لاننا

بينما أن الابرّة عند ما كانت غير ممغطسة كانت دائماً أفقية أو بعبارة أخرى كان محور الدوران ماراً بمركز ثقلها

إذن لابد أن هذا الميل حدث من تأثير مغناطيسية الأرض على الابرّة. بعد ذلك ادر الابرّة بمقدار 90° بالنسبة للوضع الأول أي بحيث يكون مستوي دورانها الرأسى عمودياً على خط الزوال المغناطيسى أو بعبارة أخرى يكون المحور الذى تدور حوله في اتجاه خط الزوال المغناطيسى فأنتك تجد أن الابرّة تقف رأسياً تماماً وإذا كان مستوي دوران الابرّة أي مستوي آخر خلاف هذين المستويين (المستوي المار بخط الزوال والمستوي العمودى على خط الزوال) فإن الابرّة أيضاً تميل بزاوية على الخط الافقى يكون مقدارها أقل من 90° وأكبر من الزاوية التى عملتها عندما كان مستوي دورانها هو خط الزوال المغناطيسى

وبالاختصار يمكن جمع النتائج السابقة فيما يلى :

اولاً — تكون الابرّة رأسية تماماً عند ما يكون مستوي دورانها هو خط عمودى على خط الزوال المغناطيسى ويكون ميلها إذن على الافق 90° تماماً

ثانياً — تكون الابرّة مائلة على الافق بأقل زاوية ممكنة عندما يكون مستوي دورانها هو المستوي المار بخط الزوال المغناطيسى

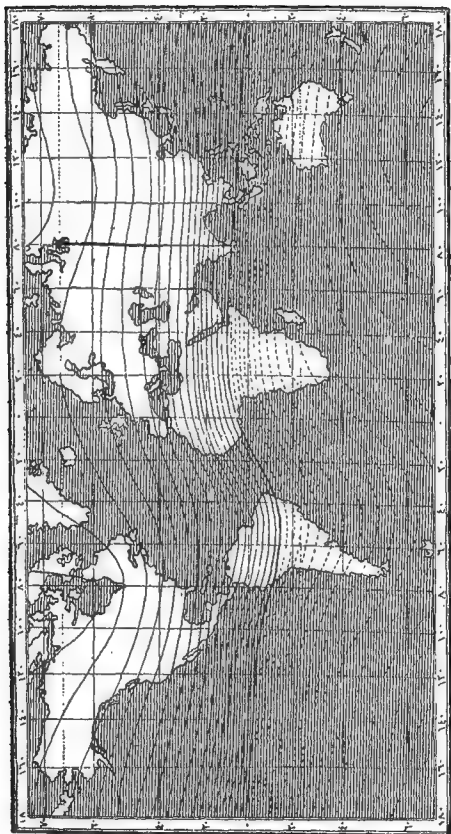
ثالثاً — عندما يكون مستوي دوران الابرّة أي مستوي آخر يكون ميلها أقل من 90° وأكبر من ميلها عند ما كان مستوي الدوران هو خط الزوال المغناطيسى

تلاحظ أيضا ان القطب الذى يشير الى أسفل هو القطب الشمالى للأبرة وذلك لأننا نعمل التجربة فى نصف الكرة الشمالى ولعملت هذه التجربة فى نصف الكرة الجنوبى لكان القطب المشير الى أسفل هو القطب الجنوبى

بند (٤٦) تسمى أقل زاوية تميل بها الأبرة فى اى مكان زاوية الميل فى هذا المكان فتكون زاوية الميل فى اى مكان هى الزاوية التى تصنعها مع الأفق أبرة تتحرك فى مستوى رأسى اذا كان هذا المستوى الرأسى ينطبق وخط الزوال المغناطيسى وهى أقل زاوية تصنعها مع الأفق هذه الأبرة اذا أخذ مستوى دورانها اتجاهات مختلفة فى هذا المكان

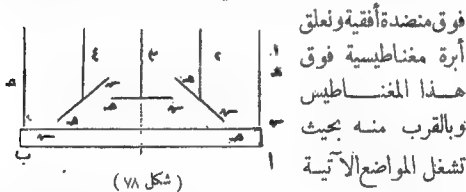
هذه الأبرة المتحركة فى مستوى رأسى تسمى إبرة الميل مقدار زاوية الميل يتغير بتغير المكان فقد قلنا ان قطبها الشمالى يكون الى أسفل فى نصف الكرة الشمالى ويكون قطبها الجنوبى الى أسفل فى نصف الكرة الجنوبى وننتظر اذن ان يكون اتجاهها أفقيا تماما عند خط الاستواء

ولكن اذا تذكرنا ان الأقطاب المغناطيسية ليست منطقة تماما على الأقطاب الجغرافية علمنا ان النقط التى تكون فيها هذه الأبرة أفقية لا تكون بالضبط واقعة على خط الاستواء الجغرافى فتكون أسفله فى أمريكا وأعلاه فى أفريقيا وآسيا كما ترى فى شكل (٧٦)



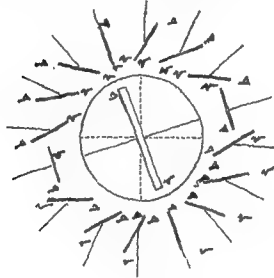
ولهذا نسمى الخط الذى تقع عليه جميع النقاط على سطح الكرة الأرضية التى يكون فيها الميل صفرا بخط الأستواء المغناطيسى وكلما زاد خط عرض المكان زاد ميل الأبرة فى هذا المكان إلى ان نصل إلى اى القطبين المغناطيسيين للأرض فاننا نجد ان الأبرة تقف رأسية تماما

فى لندن وجد ان زاوية الميل $= ٦٨^\circ$ تقريبا وفى القاهرة $= ٤٠^\circ$ تقريبا من هذانرى انه يمكن توصيل جميع الأماكن فى كل من نصفى الكرة الشمالى والجنوبى التى يكون فيها الميل واحدا والخطوط التى يكون عليها هذه الأماكن تسمى خطوط تساوي الميل وهى خطوط غير منتظمة تماما الا أنها تشابه فى مجموعها خطوط العرض الجغرافية أنظر شكل (٧٦) ولكى تفهم لماذا يحدث هذا الميل فى الأبرة المغناطيسية والسبب فى تغير مقداره فى النقاط المختلفة نأخذ مغناطيسا ب مثالا ونفرض أنه يمثل المغناطيس الأرضى ونضعه



أنظر شكل ٧٧ (أولا) — فى الوضع (١) فوق القطب الجنوبي للمغناطيس فنجد ان الأبرة تقف رأسيا بقطبها الشمالى إلى أسفل (ثانيا) — فى الوضع (٢) فوق نقطة متوسطة بين منتصف القضيب

وقطبه ٢ فتجد أنها تميل بزاوية معلومة (ثالثا) - في الوضع (٣) فوق منتصف القضيب تماما فتجد أنها تكون أفقية (رابعا) - في الوضع (٤) فوق نقطة متوسطة بين منتصف القضيب ٦ ب فتميل بزاوية معلومة بقطبها الجنوبي الى أسفل (خامسا) - في الوضع (٥) فوق القطب الشمالي ب للقضيب فتجد أنها تقف رأسية تماما بقطبها الجنوبي الى أسفل الأبرة فالوضع (٣) فوق منتصف القضيب يمثل تماما الحالة التي تكون فيها الأبرة عند خط الاستواء المغناطيسى والوضعان (١) ٦ (٥) يمثلان الأبرة عند القطبين



شكل (٧١)

والوضعان (٢) ٦ (٤) يمثلان الأبرة في نقطتين متوسطتين إحداهما في نصف الكرة الجنوبي والأخرى في نصف الكرة الشمالي على الترتيب ونجاح التجربة السابقة متوقف على أن يكون

واذا فرضنا مؤقتا ان القطبين المغناطيسيين ينطبقان تماما على القطبين الجغرافيين كان أيضا δ هو اتجاه إبرة الميل اذا وضعت عند δ

نأخذ نقطة أخرى (و) على سطح الكرة الأرضية ونصل δ وم فيكون عرض المكان (و) هو الزاوية δ وم فثلا اذا كانت الزاوية δ وم = 30° كانت نقطة (و) على خط عرض 30° شمالا والاتجاه الأفقى عند (و) هو أيضا المماس للدائرة عند (و) أي هو المستقيم δ وم

وعند النقطة (و) لا يكون δ وم هو اتجاه إبرة الميل أبدا لأن δ وم هو اتجاه الأفقى بل يجب ان يكون اتجاه الإبرة عند (و) اتجاه آخر مثل δ وم بحيث تكون زاوية δ وم هي زاوية الميل عند (و)

وأخيرا عند δ الذى هو موقع القطب يكون الأفقى الاتجاه δ ويكون اتجاه إبرة الميل δ وتكون زاوية الميل هي δ التى تساوى 90°

ولا ننس في كل هذا أننا فرضنا انطباق الأقطاب الجغرافية والمغناطيسية ولكن الطالب الآن يمكنه ان يغرف كيف يتغير هذا الشكل اذا أخذت الأقطاب المغناطيسية مكانها الحقيقى من الأقطاب الجغرافية لأن الطريقة لاتزال واحدة

وللاحظ الطالب ان القطبين المغناطيسيين ليسا على قطر واحد للكرة الأرضية ولكن يمكن أن نفرض أنهما كذلك

تقريبا وأن المحور المغناطيسى للأرض يميل على المحور الجغرافي بمقدار ١٧°

بند (٤٨) تغير مقدار الميل في المكان الواحد

قلنا إن مقدار الانحراف في المكان ليس ثابتا في الاوقات المختلفة بل يتغير تغيرا سنويا وقرنيا وغيره كذلك يتغير مقدار الميل في الازمنة المختلفة فقد كان مقداره أكبر ما يمكن في لندرة في سنة ١٧٢٣ وكان إذ ذاك ٧٤°٤٢' ولكنه الآن أقل من ٦٧° قليلا وأخذ في النقص وقد قدرت القيمة المتوسطة لهذا التغير في السنة فوجد أنه تقريبا ١٠١' (بند ٤٩) مقياس الميل

يمكن قياس الميل بواسطة جهاز يقال له (بوصلة الميل) وترتّب كما في (شكل ٨٠) من

(١) دائرة أفقية مدرجة الى ٣٦٠° محمولة على حامل له ثلاث قوائم يتصل بكل منها مسبار محوى لجعلها أفقية

(٢) لوح (١) فوق الدائرة يتحرك حول محور رأسى

(٣) دائرة أخرى رأسية مدرجة محمولة بواسطة اللوح (١)

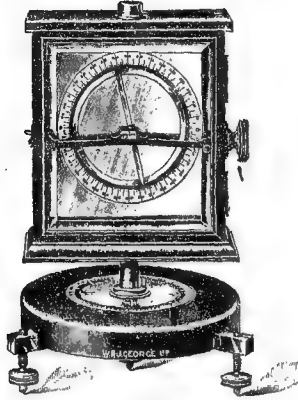
بواسطة يمكن قياس الميل

(٤) أبرة مخروطية رأسية موضوعة في مركز الدائرة الرأسية

تتحرك في مستوى رأسى وترتكز على سنين من العقيق

ولقياس الميل

(١) يجعل الجهاز افقيا بواسطة المسامير البريمية وميزان



التسوية الكؤولى شكل (٨٠)

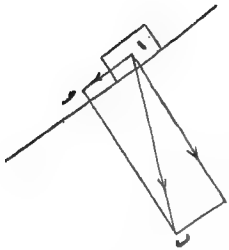
- (٢) يدار اللوح (١) حتى تصير الابرة رأسية
(٣) يدار اللوح (١) بعد ذلك 90° حول الدائرة الافقية
(٤) تقرأ الزاوية الواقعة في اتجاه الابرة والافق على الدائرة
الرأسية فتكون هي زاوية الميل المطلوب
وقد وجد ان الجذب الناتج في الغالب غير مضبوط تماما
والسبب في ذلك
(١) عدم انطباق المحور المغناطيسى للابرة على محورها الهندسى
وتتلافى ذلك بعكس وضع الابرة

- (٢) عدم انطباق مركز الثقل للابرة على محور تعليقها وتلتافى ذلك تعكس مغطستها وذلك بعكس أقطابها
- (٣) عدم انطباق الخط الواصل بين صفري الدائرة الرأسية على الافق وتلتافى ذلك يدار الجهاز ١٨٠° ويؤخذ متوسط الناتجين
- (بند ٥٠) مبادي أولية عن القوة والحركة

نعلم من علم الميكانيكا أن القوة المؤثرة على أي جسم في اتجاه ما تجعل هذا الجسم يتحرك في اتجاهها ما لم يكن مقيداً ليتحرك في اتجاه خاص مثال ذلك إذا ترك جسم يسقط إلى سطح الأرض فإن هذا الجسم يتحرك رأسياً إلى أسفل نحو مركز الأرض لأن قوة جاذبية الأرض المؤثرة عليه تؤثر في اتجاه رأسى إلى أسفل نحو مركزها ولكنك إذا علقت الجسم بخيط يكفي لحل الجسم فإن هذا الجسم يثبت مع أن قوة الجاذبية لم تزال مؤثرة عليه وذلك لأن الشد الذي في الخيط يمنع الجسم من السقوط إلى أسفل وكذلك إذا وضعت جسماً فوق منضدة أفقية فإن قوة الجاذبية عليه لا يمكن أن تحركه مطلقاً لأن الحركة التي يمكن أن تعملها قوة التشاغل اتجاهها إلى أسفل ولا يمكن أن يتحرك الجسم إلى أسفل لوجود المنضدة أسفله

ولكن إذا وضعت جسماً أملت فوق مستوي مائل أملت فإن هذا الجسم يتحرك على المستوي المائل مع أن القوة المؤثرة عليه لاتزال رأسية إلى أسفل أنظر (شكل ٨١)

والسبب في ذلك هو أن القوة الرأسية إلى أسفل هي التي



شكل (٨١)

وزن الجسم والتي بينها
بالمقدار Γ يمكن تقسيمها إلى
قسمين أحدهما في اتجاه المستوي
والآخر في اتجاه عمودي على
المستوي كما في الشكل فلو فرض
أن القوة المؤثرة هي Γ الرأسية
فترسم من Γ المستقيم Γ
موازيا سطح المستوي
والمستقيم Γ عموداً على المستوي

ونكمل المستطيل Γ Γ الذي قطره Γ = القوة المؤثرة

هذه العملية تسمى تحليل القوة إلى مركبتين

فالقوة الكلية Γ قد تحللت إلى قوتين أخريين هما Γ و Γ

ويسمى كل من Γ و Γ المركبتين وهذه المركبات تسمى عادة
باتجاهها ولذلك نسمى Γ المركبة التي في اتجاه المستوي ونسمى
 Γ المركبة العمودية على المستوي

وبما أن الجسم يتحرك في اتجاه المستوي إذن المركبة Γ ولا يمكن
أن تكون محدثة لأي حركة فيه لأن الاتجاه الذي يمكن أن
يتحرك فيه الجسم بتأثير Γ هو الاتجاه العمودي على المستوي
ومعلوم أن الجسم لا يمكن أن يتحرك في هذا الاتجاه
إذن الحركة جميعها ناشئة من تأثير المركبة Γ
وبالاختصار إذا أثرت قوة على جسم في اتجاه معلوم وكان الجسم

مقيد الحركة بحيث لا يمكن أن يتحرك إلا في اتجاه مائل بالنسبة لاتجاه هذه القوة وجب أن نحلل هذه القوة إلى مركبتين احدهما في اتجاه حركة الجسم والأخرى عمودية عليها والمركبة الأخيرة ليس لها دخل في هذه الحركة

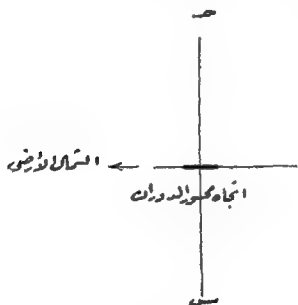
وإذن لو كان تأثير القوة في اتجاه معلوم والحركة الممكنة في الجسم في اتجاه عمودى على خط تأثير القوة كانت النتيجة عدم حركة الجسم مطلقا

(بند ٥١)

الشرح السابق يكفى لفهم اتجاهات القوات المغناطيسية في المجال الأرضى وذلك كما يأتى

ذكرنا فيما سبق أن الابرّة المتحركة في مستوى أفقى (إبرة الانحراف) تتجه شمالا وجنوبا بتأثير المغناطيسية الأرضية لذلك نستنتج أنه لا بد أن يكون هناك قوة مغناطيسية أرضية اتجاهها أفقى وغاية الأمر أننا من هذا وحده لا يمكننا أن نجزم بما إذا كانت هذه القوة الأفقية هي كل ما يوجد من القوة المغناطيسية الأرضية أو هي فقط مركبة في هذا الاتجاه لذلك نأخذ إبرة الميل أيضا فنجد أننا علمنا بما سبق أن هذه الابرّة المتحركة في مستوى رأسى تتحرك في هذا المستوى بتأثير المغناطيسية الأرضية لهذا نؤكد أن القوة الأولى التى أثرت على إبرة الانحراف هي المركبة الأفقية فقط وليست القوة الكلية لأن إبرة الميل أثبتت وجود قوة في اتجاه رأسى

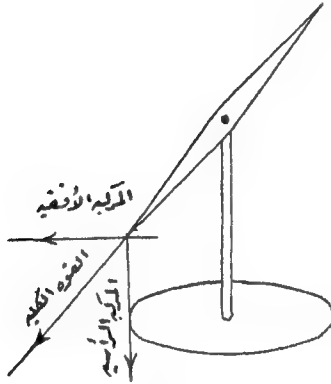
ولكن يجب أن نلاحظ أن إبرة الميل لا تقف رأسياً إلا إذا كان مستوي دورانها عمودياً على خط الزوال المغناطيسى وفي هذه الحالة فقط تكون متأثرة بالمركة الرأسية للمغناطيسية الأرضية وحدها ويمكن فهم هذه العبارة الأخيرة من الشكل (٨٢) الذى يمثل إبرة الميل في نصف الكرة الشمالى موضوعة



شكل (٨٢)

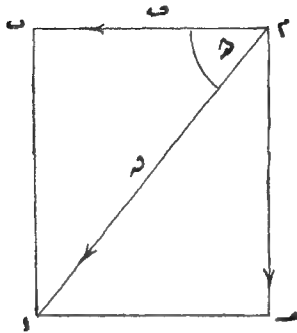
لتتحرك في مستوى عمودي على خط الزوال المغناطيسى نجد من الشكل أن المركبة الأفقية للمغناطيسية الأرضية لا يمكن أن تحرك أقطاب هذه الإبرة مطلقاً لتتجه شمالاً وجنوباً ولهذا تكون الإبرة متأثرة بالمركة الرأسية فقط ويجب أن تقف رأسيةً أما إذا كان مستوي دوران إبرة الميل هو خط الزوال المغناطيسى فإن كلا من المركبتين يؤثر فيها ولذلك تكون الإبرة متأثرة بالقوة الكلية للمغناطيسية للأرض

إذن اتجاه إبرة الميل في أى مكان عند ما يكون مستوى دورانها خط الزوال المغناطيسى يكون اتجاه القوة الكلية الأرضية أنظر (شكل ٨٣)



(شكل ٨٣)

ومن هذا نعلم إذن أن اتجاه القوة الكلية للمغناطيسية الأرضية عند خط الاستواء المغناطيسى يكون أفقياً وعند القطبين يكون رأسياً وفي أى مكان آخر على سطح الأرض يكون مائلاً على الأفق بالزاوية التى سمينها زاوية الميل وهذه الحالة الأخيرة مبينة (بشكل ٨٤) الذى يمثل القوة الكلية فيه المستقيم m المائل على الأفق n بالزاوية m إذن الزاوية m هى زاوية الميل



(شكل ٨٤)

وأيضاً يمثل المستقيم م المركبة الأفقية ويمثل المستقيم م المركبة الرأسية

وإذا رمزنا لزاوية الميل بالزاوية هـ وللقوات الثلاث على الترتيب السابق بالحروف و ف و ر ينتج أن

$$(١) \quad \frac{ف}{م} = \frac{م}{م} = \frac{ف}{م} \times جتا هـ$$

$$(٢) \quad \frac{و}{م} = \frac{م}{م} = \frac{و}{م} \times جتا هـ$$

$$(٣) \quad \frac{و}{ف} = \frac{جها}{جتاه} = \frac{و}{ف} \times ظا هـ$$

هذه القوانين الأخيرة تعطى العلاقة بين زاوية الميل والقوة الكلية ومركباتها الأفقية والرأسية ولتعيين المجال المغناطيسى الأرضى فى أى مكان يجب أن نعلم ثلاثة مقادير أساسية هى

أولاً — مقدار الانحراف لأن هذا يعين المستوي الرأسى الذى يكون فيه اتجاه القوة الكلية

ثانياً — مقدار الميل لأن هذا يعين اتجاه القوة الكلية فى هذا المستوى الرأسى الذى تعين من الانحراف

ثالثاً — مقدار المركبة الأفقية لأن مقدار ذلك مع مقدار زاوية الميل يعين القوة الكلية باستعمال القانون $F = H \times \cos \theta$

بند (٥٢) نتائج عامة عما تقدم

القوة الكلية عند خط الاستواء المغناطيسى تكون أفقية وعند القطبين تكون رأسية

المركبة الأفقية تكون نهاية عظمى عند خط الاستواء المغناطيسى وتقل تدريجياً إلى أن تصبح صفراً عند القطبين ومقدارها ١٨ ر. فى لندرة ٢٩ ر. فى القاهرة

المركبة الرأسية تكون صفراً عند خط الاستواء المغناطيسى وتكون نهاية عظمى عند القطبين

الميل يكون صفراً عند خط الاستواء ويزداد إلى أن يصبح نهاية عظمى عند (٩٠)° عن كل من القطبين

الانحراف يكون صفراً على خطين يمتدان من أحد القطبين

إلى الآخر وكذلك على خط يضاوي آخر في شرق آسيا وقد يكون شرقا أو غربا

القوة الكلية تكون أقل ما يمكن عند خط الاستواء وتكبر تدريجيا بازدياد زاوية الميل إلى القطبين

يمكن تعيين خط الزوال المغناطيسي بواسطة إبرة الميل وذلك بدارتها حتى تقف رأسية تماما فيكون المستوى التي تتحرك فيه اذن عمودا على خط الزوال المغناطيسي ويكون محورها في خط الزوال تماما

إذا أريد مغطسة قضيب من الحديد بتأثير المغناطيسية الأرضية لكي يكون أقوى ما يمكن وجب وضعه في اتجاه ابرة الميل في هذا المكان لأنه في هذه الحالة يكون متأثرا بالقوة الكلية

بند (٥٣) سبب وجود المجال المغناطيسي الأرضي

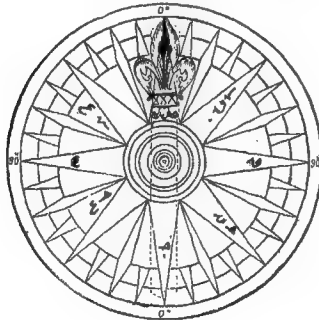
لم يتوصل العلماء إلى اتفاق إلى الآن بسبب وجود المغناطيسية الأرضية ولقد فكر أحد العلماء أن بداخل الأرض مغناطيسا كبيرا يشغل الجزء اليابس منها فقط ومن هذا أمكنه أن يأتي ببعض تفسير لتغيرات المغناطيسية الأرضية

فكر آخر أن الأرض لابد أن تكون محاطة بكرة أخرى مغناطيسية محورها يصنع مع محور الأرض ٨٣٠° وأن هذه الكرة المغناطيسية تدور بسرعة دوران تخالف سرعة دوران الأرض فكر ثالث أنه لابد أن تكون الأرض مكونة من قشرتين كرهيتين تتحركان بسرعتين مختلفتين

وأخيرا فكر بعضهم في أن سبب المغناطيسية الأرضية هو أن الأرض محاطة بتيارات كهربائية ناشئة من التيارات الهوائية الساخنة والباردة التي توجد حول الكرة الأرضية بتأثير الشمس وعلى أي حال مهما كان التفسير الذي يذكره العلماء لذلك فإنه من المؤكد أن مغناطيسية الأرض ليست جميعها في داخلها بل لا بد أن تكون هناك تأثيرات مغناطيسية على الكرة الأرضية خارجة عن كتلتها

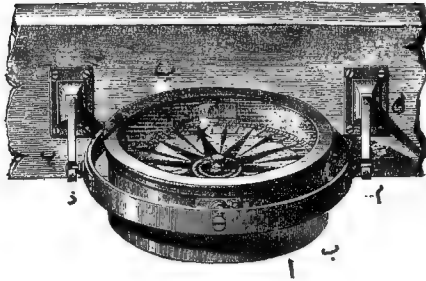
بند (٥٤) البوصلة البحرية

نستنتج مما سبق أن لتأثير فعل المغناطيسية الأرضية أهمية عظيمة للملاحة لذلك اخترعت البوصلة البحرية في القرن الثامن عشر لهداية السفن في عرض البحر



شكل (١٥)

وتتركب كما في شكل (٨٥) من إبرة مغناطيسية رفيعة معينة الشكل تأخذ دائماً الوضع الشمالى الجنوبي المغناطيسى محمولة على سن مدبب وتتحرك حول قرص دائرى من الميكا والمغطى من الجانبين بالورق وهذا القرص مقسم الى ٣٢ قسماً منها النقط الأربعة الأصلية وأيضاً النقط المتوسطة بينها وتكون الزاوية بين كل نقطتين من نقط التقاسيم $= \frac{360}{32} = 11 \frac{1}{2}^\circ$ والأبرة مع القرص موضوعان داخل علبة نحاسية ب ب ذات غطاء زجاجى



شكل (٨٦)

وهذه العلبة محمولة بحلقتين معدنيتين مركزهما واحد إحداهما مثبتة بالعلبة وتتحرك حول سنين مدين م م و شكل (٨٦)

وهذان السنان مثبتان بالحلقة الاخرى ١ ب المحمولة بواسطة
الساقين ٢ و ٣ المثبتين على حاملين قائمين
وفائدة الحلقة هي ان يظل قرص البوصلة دائما أفقيا مهما
كان ميل السفينة

ولتلافي تأثير مغناطيسية الأرض على معدن السفينة وكذا
عند تحركها في خط الزوال المغناطيسي قد وضع تحت البوصلة
مباشرة قضبان ممغطة أحدهما طولا والاخر عرضا وأيضا وضع
على جانبي البوصلة كرتان متساويتان من الحديد بعداهما عن
مركز البوصلة متساويا وذلك لتلافي من تأثير تمغطس معدن
السفينة على البوصلة

اسئلة

- (١) ما الذي تفهمه عن الكرة الأرضية كمغناطيس ؟
- (٢) ماهو خط الزوال الجغرافي والمغناطيسي ؟ وما اسم
الزاوية المحصورة بينهما ؟
- (٣) هل تتجه الابرة المغناطيسية في اتجاه الشمال والجنوب
دائما ؟ وإن تغير اتجاهها فبين السبب ؟
- (٤) ماهو الانحراف وكيف يمكن قياسه وهل هو ثابت في
مكان واحد أم متغير ؟
- (٥) ماهو الميل وكيف يمكن قياسه وهل يتغير الميل في
المكان الواحد ؟

- (٦) ماهو خط الاستواء المغناطيسى وكيف يمكنك معرفته ؟
- (٧) اذا فرض ومشيت من القطب الشمالى للكرة الأرضية الى قطبها الجنوبي مارا بخط الاستواء وكان معك ابرة الميل فبين كيف يكون الميل عند تحركك من مكان لآخر
- (٨) اشرح فائدة البوصلة البحرية في السفن
- (٩) لاحظ بحار وهو سائر بسفينته ان زاوية انحراف القطب الشمالى لآبرة بوصلته البحرية هي $٢٠^\circ ٢٢'$ غربا فما هي الزاوية التي يجب ان يدير سفينته اذا اراد ان يتجه الى الغرب (الجواب $٤٠^\circ ٦٧'$)
- (١٠) قضيبان متساويان من الصلب متمغطسيان معلقان رأسيا ويبعدان عن بعضهما بمسافة كبيرة حتى لا يتأثر أحدهما من الآخر وكان القطب الشمالى لأحدهما متجها الى أعلى والقطب الشمالى للآخر متجها الى أسفل فاذا تركبا في هذا الوضع عدة سنين فأيهما تكون مغناطيسيته أقوى من مغناطيسية الآخر ولماذا
- (١١) اذا علقنا ابرة من الصلب تعليقا رأسيا وطرقته بمطرقة تراه تمغطست فبين السبب في ذلك ثم اشرح كيف يكون تأثير الطرق وموضعه عليها
- ما الذي يحدث اذا قربت النهاية السفلى للآبرة لقطب شمالى لمغناطيس ما ؟

الفصل الثاني

الكهرباء الديناميكية

الباب الاول

العمدة الابتدائية

بند (٥٥) نوعا الكهرباء

قلنا فيما سبق ان الكهرباء نوعان وان النوع الاول يسمى الاستاتيكية والثاني يسمى الكهرباء الديناميكية وليست دراسة النوع الاول من بحثنا في هذا الكتاب ولكننا سنذكر بعض قواعد ونظريات اساسية في هذا النوع على سبيل المقارنة فقط

وأول ما عرف عن الكهرباء هو انه اذا ذلك قضيب من الكهرمان بقطعة من الصوف مثلاً اكتسب خاصية جذب الاجسام الخفيفة مثل قطع من الورق او القش او ماشابه ذلك من اجل هذا سميت هذه الخاصية بالكهرباء وسمى الجسم الذي يكتسب هذه الخاصية بالجسم المتكهرب بعد ذلك وجد بالتجربة ان اجساما اخري مثل الراتنج

والشمع والزجاج والكبريت وغيرها تكتسب هذه الخاصة بذلك
ايضا وان اجساما اخرى مثل النحاس والحديد وجميع المعادن
لا تكتسب هذه الخاصة اذا دلكت وهى ممسوكة باليد

تبين بالبحث والتجربة بعد ذلك ان جميع الاجسام يمكن
تكهربها بالدلك بشرط ان لا يكون هناك اتصال بين الجزء المتكهرب
فيها والارض ومن هذا علم لماذا يتكهرب الزجاج او الشمع ولا
يتكهرب النحاس لانه فى الحالة الاولى لا يمكن ان تتسرب
الكهربائية الموجودة على الجسم للارض لانه جسم لا يوصل
للكهربائية وفى الحالة الثانية (حالة النحاس) تتسرب الكهربائية
من الجسم الى اليد الى الارض بواسطة الجسم الانسانى لانها اجسام
توصل الكهرباء لذلك قسمت الاجسام الى قسمين الاول منها
الذى يوصل الكهرباء وتسمى اجساما موصلة والثانى يسمى
الاجسام العازلة

من هذا ايضا علمنا انه اذا وصل بين جسم متكهرب وآخر
غير متكهرب سرت الكهرباء من احدهما الى الآخر وقد
يحصل ذلك السريان ايضا بين جسمين متكهربين اولا يحصل
ولفهم ذلك نأخذ حالة جسمين مرتفعين فى درجة الحرارة فانه عند
توصيل احدهما بالآخر نلاحظ ان الحرارة تسري من الذى درجة
حرارته اعلى الى الذى درجة حرارته اقل

ويمكننا ان نضرب مثلا آخر بأخذ اناءين من الماء يمكن

اتصالهما معا بواسطة انبوبة تتصل بأسفل الاناءين فنجد ان الماء يسرى بين الاناءين اذا كان سطح السائل في احدهما اعلى منه في الآخر كذلك في الكهرباء عند توصيل جسم متكهرب بآخر قد تسري الكهرباء من احدهما الى الآخر ونقول للذى سرت منه الكهرباء انه اعلى جهدا من الآخر

تعريف — فالجهد الكهربائي يعرف اذن بأنه الحالة التي تبين اى الجسمين تسرى منه الكهرباء للآخر عند توصيلهما بموصل فالجهد في الكهرباء يشابه الدرجة في الحرارة ويشابه ارتفاع السطح في الماء

بند (٥٦) الفرق بين نوعي الكهرباء

قلنا في البند السابق ان الكهرباء الاستاتيكية تنشأ من الاحتكاك ولذلك قد تسمى بكهربة احتكاك ولوانه يمكن ايجادها بطرق اخري مثل الطرق والنق والتصادم وغير ذلك وفي هذا النوع ايضا تكون الكهرباء منتشرة على سطح الجسم فقط ايضا نعلم ان الجهد على سطح الموصل المشحون بالكهربائية الاستاتيكية واحد في جميع اجزائه لانه لو فرض اختلاف في الجهد بين اجزائه لحدث سريان الكهرباء بين الاجزاء ولكنه بما ان هذا الجسم في حالة تعادل فتكون جميع نقطه بجهد واحد اما في النوع الثاني المسمى بالكهرباء الديناميكية فان الذي يهمنها هو سريان الكهرباء وينشأ عن هذا السريان ما نسميه بالتيار الكهربائي

لذلك يجب في الكهربية الديناميكية ان يكون هناك نقطتان بينهما فرق في الجهد يحدث سريان هذا التيار الكهربائي وسنجد بعد ان الموصل الذي يمر فيه هذا التيار لا تكون نقطة بهمد واحد ابدا والا وقف التيار

وزيادة على ذلك فان هذا التيار الكهربائي يمر من خلال الموصل أى يمر بمقطعه المستعرض وسنرى بعد أنه كلما كان مقطع الموصل أكبر كلما أمكن مرور تياراً أكبر فيه قبل أن ترتفع درجة حرارته

هذهاهو ما يهنا ذكره للمقارنة بين نوعى الكهرباء وبالاختصار يمكننا أن نقول إن الكهرباء الاستاتيكية خاصة بالشحنات على الاجسام أما الكهرباء الديناميكية فهى خاصة بسريان التيار الكهربائي

(بند ٥٧) منشأ التيار الكهربائي

يمكن احداث تيار كهربائي مستمر كما شرحنا بطريقتين أساسيتين :

اولا — بواسطة الاعمدة أو البطاريات

ثانيا — بواسطة المولدات أو الديناموات

وفي الحالة الاولى يكون التفاعل الكيماوى الذي يحدث في العمود هو السبب في حفظ فرق الجهد الثابت بين النقطتين اللتين يسري بينهما التيار الكهربائي وفي الحالة الثانية تكون القوة الميكانيكية التى تدير المولد السبب في وجود التيار الكهربائي الذي يؤخذ منه .

وبما أن مرور التيار الكهربائي في الموصلات يتبعه طاقة تسمى الطاقة الكهربائية اذن (بناء على قانون حفظ الطاقة المعروف) نعلم أنه لوجود هذا التيار يجب ان يصرف مقدار من الطاقة يعادل هذه الطاقة الكهربائية التي تتبع مرور التيار ففي الاعمدة تتحول الطاقة الكيميائية التي تصرف في التفاعل الكيماوي في العمود الى طاقة كهربائية

وفي الدينامو تتحول الطاقة الميكانيكية التي يدار بها الدينامو الى طاقة كهربائية تتبع التيار الذي يتولد في الدينامو
 واول ماعزف من هذين النوعين من تحويل الطاقة هو النوع الاول اي توليد التيار الكهربائي بالتفاعل الكيماوي من الاعمدة والبطاريات

بند (٥٨) شرح عمل العمود البسيط

تجربة (٢٥)

ضع لوحاً من الخارصين التجاري المعتاد في محلول من حامض الكبريتيك المخفف بالماء بنسبة جزء من الحامض الى ١٠ اجزاء من الماء ثم حدوث تفاعل كيماوي قوي بين الحامض المخفف والخارصين يتبعه خروج فقائيع من غاز الايدروجين وتأكل الخارصين وتكون كبريتات الخارصين في قاع الاناء ونتيجة كل هذا تجد ان السائل بما فيه ترتفع درجة حرارته وفي هذه الحالة نقول ان الطاقة الكيميائية قد تحولت الى طاقة حرارية ورفعت درجة حرارة السائل

والمعادلة الكيماوية لهذا التفاعل هي :-

$$ح + بر٢ ك ب ا١ = ح ك ب ا١ + بر٢$$

- اي أن تفاعل الخارصين مع حامض الكبريتيك يحدث كبريتات الخارصين وايدروجينا

أعد التجربة السابقة بأن تضع لوحا من الخارصين المملغم (أي المغطى بطبقة من الزئبق) بدلا من لوح الخارصين التجاري لا يحدث أي تفاعل كيموي مطلقا

اعد التجربة ثالثا باستعمال لوح من الخارصين النقي لا يحدث اي تفاعل كيموي ايضا

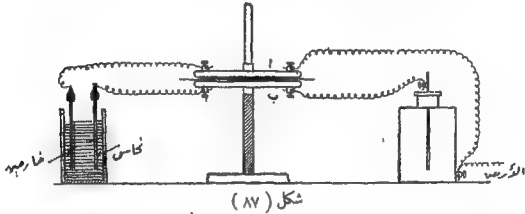
بعد ذلك ضع في الاناء الذي به الحامض المخفف لوحا من الخارصين المملغم او الخارصين النقي ولوحا من النحاس بدون ان يمس احدهما الآخر لا تجد أثرا لاي تفاعل كيموي

بعد ذلك وصل بين اللوحين (الخارصين والنحاس) بسلك من النحاس خارج السائل تلاحظ حدوث التفاعل الكيموي ونجد ان لوح النحاس يتغطى من الايدروجين وتجد ايضا ان السلك الخارجى يحمل تيارا كهربائيا يمكن اثبات وجوده بطرق سنشرحها فيما بعد ويكون اتجاه التيار في هذا السلك الخارجى من النحاس الى الخارصين كما انك تجد ان التيار يسرى ايضا داخل السائل من لوح الخارصين الى لوح النحاس متما الدائرة الكهربائية ويسمى هذا الجهاز بالعمود البسيط

وبعبارة اخري تجد ان اللوح النحاسى يكون جهده اعلى من جهد لوح الخارصين

ولا ثبات وجود فرق الجهد بين اللوحين نجري التجربة الآتية
تجربة (٢٦)

خذ إناء به مقدار من حامض الكبريتيك المخفف بالماء بالنسبة المذكورة سابقا وضع فيه لوحا من الارض الخارصين المملغم وآخر من النحاس ثم احضر لوحين من النحاس ١ و ٢ بينهما جسم عازل كما ترى في شكل (٨٧) ليكون مكشفا ثم فصل بين



هذين اللوحين اولا الى لوحى الخارصين والنحاس في العمود البسيط وثانيا الى قرص وقاعدة كشاف كهربائى كما ترى بعد ذلك ارفع السلك الواصل بين (١) ولوح الخارصين وارفع ايضا القرص (ب) تجد ان ورقى الكشاف قد انفرجتا ويمكن اثبات ان انفراجهما جاد من شحنة موجبة مما يدل على ان جهد النحاس في العمود اعلى من جهد الخارصين يمكن اثبات ان جهد الخارصين سالب اذا غمرنا التوصلات في هذا الشكل وترك للطالب بحث ذلك بنفسه وإجراء التجربة يسمى اللوح الذى جهده اعلى في هذا العمود باللوح الموجب

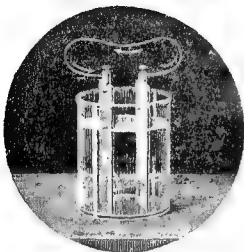
ويسمى الذي جهده اقل باللوح السالب وفي هذه الحالة اذن يكون الخارصين اللوح السالب والنحاس اللوح الموجب سبب استعمال القرصين ١ و ٢ في هذه التجربة هو انهما يكونان مكثفا ذا كثافة كبيرة تساعد على جمع شحنة كافية تحدث انفراج ورقتي الكشف وبدون ذلك لا يضمن نجاح التجربة وفي الحقيقة فان هذا الجهاز هو الكشف المكثف

(بند ٥٩) الاعمدة الكهربائية : يتركب العمود الكهربائي

البسيط من اناء به محلول يوضع فيه جسمان موصلان من مادتين مختلفتين فيحدث فرق في الجهد بين الموصلين يمكن استعماله في أخذ تيار من العمود اذا وصل بأى موصل

وليس السائل أيا كان في هذا العمود فمثلا اذا استعملت الماء كسائل في العمود لانه يحصل على أي فرق في الجهد بين الموصلين أو اللوحين اللذين يوضعان فيه بل يجب أن يكون لهذا السائل تفاعل كيميائي على الألواح الموضوعة فيه

ومن السوائل الشهيرة التي لها تفاعل كيميائي مع أغلب الأجسام حامض الكبريتيك المخفف بالماء ولذلك نرى أن العمود البسيط يحتوي على اناء به كمية من حامض الكبريتيك المخفف بالماء بنسبة ١ الى ١٠ تقريبا يوضع فيه لوحان معدنيان مثل الخارصين والنحاس



شكل (٨٨)

ولتعليل وجود فرق
الجهود بين لوحى العمود
البسيط توجد نظريات كثيرة
أسهلها ما يأتي :-

لحامض الكبريتيك المخفف
بالماء تفاعل كيمائى مع كل من
النحاس والخارصين فع الاول
ينتج من التفاعل أيدروجين

وكبريتات النحاس ومع الثانى ينتج أيدروجين وكبريتات الخارصين
ولكن التفاعل الكيمائى الثانى أشد من الاول كما نعلم من دروس
الكيمياء

ولذلك يكون مقدار الاكسجين الذى بالسائل والمتجه نحو
الخارصين أكبر من المقدار المتجه نحو النحاس

• بما ان الاكسجين مشحون بكهربائية سالبة إذن تكون
شحنة الخارصين سالبة بالنسبة لشحنة النحاس ويكون النحاس
القطب الموجب والخارصين القطب السالب

والطاقة الكهربائية المستمدة من العمود تكون على حساب
التفاعل الكيمائى أو الطاقة الكيمائية المبذولة في نفس العمود
ولذلك نرى بعد استعمال العمود زما معلوما ان مادة الخارصين به
قد تآكلت وأنه يجب تغيير هذا اللوح فيه

بند (٦٠) نوع الخارصين المستعمل والتفاعل الموضعي

ذكرنا في تجربة (٢٥) انه اذا كان الخارصين تجاريا فانه يتآكل سواء أخذنا من العمود تيارا كهربائيا أم لم نأخذ ولكن اذا كان الخارصين نقيا أو مملغا بطبقة من الزئبق فانه لا يتآكل أو بعبارة أخرى لا يحدث التفاعل الكيماوي الا وقت أخذ التيار من العمود ولهذا يجب استعمال الخارصين النقي أو المملغم منعاً لذلك والغالب هو استعمال المملغم لأن النقي كبير الثمن بالنسبة للآخر

والسبب في ان الخارصين التجارى يتفاعل بمجرد وضعه في السائل حتى بدون أخذ التيار هو ان الخارصين يحتوى على مواد غريبة أخرى من معادن مختلفة وتعرض هذه المواد المختلفة للسائل يحدث بينهما وبين السائل تفاعل كيميائي موضعي مختلف الشدة كما بينا وتتكون تيارات كهربائية موضعية بين معدن منها والاخر كما لو كانت جميعها عدة أعمدة صغيرة ولذلك يتولد التيار الكهربائي ولكن بطريقة لا يمكن معها استعماله في الدائرة الخارجية وغاية الامر انه يحدث حرارة في نفس السائل

بند (٦١) الاستقطاب

هذا العمود البسيط به عيب أساسي وهو ضعف جهده بعد استعماله زمنا قليلا وذلك لان اللوح النحاسي منه يتغطى بطبقة

من الأيدروجين نتيجة التفاعل الكيماوي وهذا الأيدروجين موصل رديء للكهربائية فوجوده على اللوح النحاسي يسبب مقاومة كبيرة في الدائرة ويضعف التيار

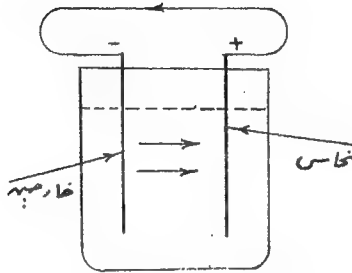
وزيادة على ذلك فإن الأيدروجين موجب الشحنة ولذلك بعد تغطيته للوح النحاس يسري التيار منه داخل السائل الى الخارصين وهذا الاتجاه مضاد لاتجاه التيار الأصلي فيضعف التيار الأصلي وربما ينعكس أيضا في الاتجاه

هذه العملية تسمى الاستقطاب للاعمدة البسيطة ومنعا لذلك تستعمل أعمدة خاصة نظريتها جميعا عدم وصول الايدروجين الى اللوح الموجب وعدم حدوث الاستقطاب

بند (٦٢) نظرية عمل العمود البسيط

قلنا ان التيار الكهربائي في العمود البسيط يتجه من القطب الموجب الى السالب خارج العمود ولكنه في داخل العمود يتجه من اللوح السالب الى الموجب وبما اننا نعلم ان التيار يسرى من الجهد المرتفع الى المنخفض فنريد اذن ان نبين هنا كيف يتجه هذا التيار من اللوح السالب الى الموجب في داخل العمود شكل (٨٩)

لذلك نقول ان التفاعل الكيماوي الذي يحدث هو الذي يحمل التيار الكهربائي متجها من الخارصين الى النحاس اي من الجهد المنخفض الى المرتفع فكأن هنا التفاعل الكيماوي المذكور هو



شكل (٨٩)

بمثابة مضخة للماء ترفع الماء من السطح المنخفض الى السطح المرتفع ضد ميل الماء لان يجري من السطح المرتفع الى المنخفض ولهذا يكون سريان التيار على حساب هذا التفاعل الكيماوي الذي قلنا انه يسبب تآكل مادة اللوح السالب في العمود والذي يجب تغييره من آن لآخر

بند (٦٣) انواع الألواح المستعملة

قلنا انه يجب ان يكون اللوحان المستعملان من مادتين مختلفتين وسبب ذلك انه اذا كانا من نوع واحد كان مقدار تفاعل السائل عليهما واحدا وكان اذن مقدار الجهد عليهما ايضا واحد ولهذا لا يمكن ان يكون هناك فرق جهد للوحين من نوع واحد اذا وضعنا في السائل ولعدم وجود فرق الجهد لا يمكن ان يكون هناك تيار كهربائي

من اجل هذا نستعمل دائماً لوحين من مادتين مختلفتين يكمن ميل اتحاد الاكسجين معها بدرجتين مختلفتين ويكون اللوح الذي ميل اتحاده مع الاكسجين اكبر هو القطب السالب . والجدول الآتى يعطى عددا من المواد التى يمكن منها عمل الواح الاعمدة مرتبة بحيث اذا اخذ اي اثنين منها في هذا الجدول كان الذى يأتى ذكره اولاً فى الجدول هو اللوح السالب وهذه المواد هى

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| (١) المنجنيز | (٢) الخارصين | (٣) الرصاص |
| (٤) القصدير | (٥) الحديد | (٦) النحاس |
| (٧) الزئبق | (٨) الفضة | (٩) البلاتين |
| (١٠) الكربون | | |

وكما كان الفاصل بين المادتين اكبر في هذا الجدول كان فرق الجهد اكبر بين اللوحين ولذلك يكون العمود البسيط الذى احد لوحيه من المنجنيز والاخر من الكربون هو الذى يعطى اكبر فرق جهد ممكن يبين جميع هذه المواد .

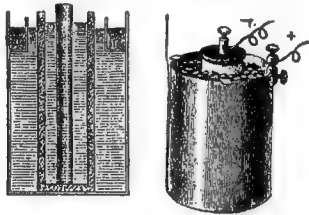
ومع ذلك فان انتخاب الالواح ليس قاصراً على ايجاد اكبر فرق جهد للعمود بل هناك اعتبارات اخرى نشرحها فيما يلى عند التكلم على الاعمدة المختلفة التى يمنع فيها الاستقطاب

يسمى فرق الجهد بين قطبي العمود عند عدم مرور اي تيار كهربائى فيه بالقوة الدافعة الكهربائية للعمود وهى تقدر بنفس الوحدة (المساه وولت) التى يقدر بها فرق الجهد ولكن اذا اخذنا اى تيار من العمود كان فرق الجهد بين اللوحين اقل من القوة الدافعة الكهربائية ولهذا اسباب سنشرحها فيما بعد نظرياً وعملياً

من هذا تعرف القوة الدافعة الكهربية للعمود بأنها النهاية
العظمى لمقدار فرق الجهد بين قطبي العمود ويكون ذلك عند عدم
اخذ أى تيار من العمود

بند (٦٤) عمود دانيال :

عمل هذا العمود الاستاذ دانيال سنة ١٨٣٦ وهو يحتوى على
وعاء خارجى من النحاس وهذا الوعاء يكون القطب الموجب
للعمود ويوجد داخل هذا الوعاء محلول مشبع من كبريتات النحاس
و داخله وعاء آخر من الفخار داخله حمض الكبريتيك المخفف بالماء
به قضيب من الزنك المملغم وهذا القضيب الاخير يكون القطب
السالب للعمود (شكل ٩٠) ويوجد بالاسطوانة النحاسية رف



(شكل ٩٠)

ذو ثقب مغموور تحت سطح محلول كبريتات النحاس يوضع
بالمحلولات من كبريتات النحاس فائدتها تركيز محلول كبريتات
النحاس كلما خف بتأثير مرور التيار وبذا يظل المحلول مشبعاً
التفاعل : — عند غلق الدائرة يؤثر حامض الكبريتيك

في الزنك فيكونان كبريتات زنك وايدروجينا
يخترق الايدروجين مسام الاناء الفخاري ويتحد مع كبريتات
النحاس فيكون حمض كبريتيك ونحاساً وبذا يمتنع حدوث
الاستقطاب والتفاعل كالاتي : —

حامض كبريتيك + زنك ← كبريتات زنك + ايدروجين

ك ب ا يد + ز ← ك ب ا ز + يد

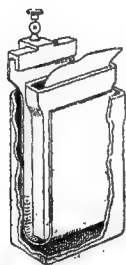
ايدروجين + كبريتات نحاس ← حامض الكبريتيك + نحاس

يد + ك ب ا نخ ← ك ب ا يد + نخ

وهذا العمود ليس به رائحة ولا تنتشر منه غازات سامة
وقوته الدافعة الكهربائية ومقاومته تكاد تكون ثابتة لزم من يذكر
ولهذا السبب فهو كثير الاستعمال في التلغرافات لأن التلغراف
يلزم له تيار بسيط ثابت في شدته

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود هي ١.١٤ فولت
ومقاومته تختلف ما بين ١.٦ الى ٣ أوم

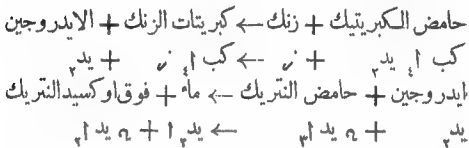
بند (٦٥) عمود بنزن أو جروف : —



(شكل ٩١)

يتركب هذا العمود من اناء من الزجاج
داخله مقدار من حامض الكبريتيك المخفف
ولوح من الزنك المملغم ملوى على شكل U
حول اناء فخاري غير مصقول محتو على
مقدار من حامض الازوتيك وبه قضيب
من الكربون أو من البلاتين وهو القضيب
الموجب للعمود كما هو مبين (بشكل ٩١)

التفاعل : — عند غلق الدائرة يؤثر حامض الكبريتيك في الزنك (القطب السالب) فيكونان كبريتات الزنك ويخترق الايدروجين المنفصل مسام الوعاء الفخارى فيتفاعل مع حامض الاكزوتيك ويكون ماء وفوق اكسيد النترك الذى يذوب في الحامض أو يتصاعد من العمود وبذا يمتنع حدوث الاستقطاب والتفاعل الآتى : —



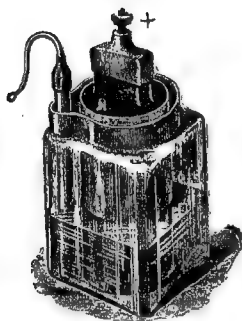
هذا العمود من أقوى الأعمدة ذات السائلين ويكون غالى الثمن اذا استعمل البلاطين فيه ويسمى العمود في هذه الحالة عمود جروف ولا ارتفاع ثمنه استعيز عنه بقضيب من الكربون ويقال للعمود في هذه الحالة الثانية بعمود بنزن

ومن عيوب هذا العمود تصاعد غاز فوق اكسيد النترك وهو غاز سام ذو رائحة كريهة

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود هي ١.٩ فولت ومقاومته الداخلية صغيرة ١.٤ ر. أوم ولهذا يستعمل اذا أريد الحصول على تيار قوى ثابت المقدار

(بند ٦٦) عمود لكلاشيه : —

يحتوي هذا العمود على قضيب من الزنك المملغم موضوع في



(شكل ٩٢)

محلول ملح النوشادر داخل
إناء من الزجاج والقطب
الموجب عبارة عن قضيب
من الفحم المتبخر (لحم
المعوجات) موضوع في
وعاء من الفخار ومحاط
به قطع من الكربون وثاني
أوكسيد المنجنيز (شكل
٩٢) أما التفاعل الذي
يحدث فهو كما يأتي :-

كلورور التوشادر + زنك ← كلورور الزنك + نوشادر + أيديروجين

٢ (هيدريد كل) + ز ← كل + ٢ (هيدريد) + يد
والتفاعل الذي يحدث بداخل وعاء الفخار

أيديروجين + أوكسيد المانجنيز الاسود ← أوكسيد المنجنيز الغامق + ماء

يد + ١٢٢ ← ٢٢٢ + يد

وفي هذا العمود تكون المادة المانعة للاستقطاب هي ثاني
أوكسيد المنجنيز غير أن مقدار الايديروجين الذي يتكون يكون
أكبر مما يمكن لثاني أوكسيد المنجنيز أن يتفاعل معه
ولهذا السبب نجد بعد قليل من قفل الدائرة ومرور التيار
أن مقدار التيار يقل مما يدل على حدوث الاستقطاب ولكن
إذا أوقف التيار بضع دقائق فإن هذا يكون كافياً لتفاعل الايديروجين

المفصل مع ثاني أو أكسيد المنجنيز فيرجع التيار الكهربائي كما كان
شده الأولى ولذا يستعمل العمود المذكور في الدوائر الغير
لمستمرة التيار مثل الأجراس والتليفونات.

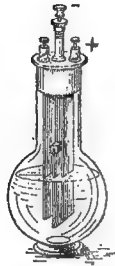
ومزاياه هي (أولاً) رخص ثمنه (ثانياً) لا يخرج منه غازات
مضرة (ثالثاً) يستمر مدة من الزمن بدون إصلاح
ونقائصه هي أنه يحصل له استقطاب بسرعة ولذا لا يمكن
استعماله في الأحوال المطلوب فيها تيار مستمر وكذلك مقدار
مقاومته الداخلية غير ثابت

والقوة الدافعة الكهربائية للعمود = ١.٥ فولت
والمقاومة الداخلية له تتوقف على مساحة الجزء المغمور من
الألواح فكلما كان الجزء المغمور من الألواح كبيراً قلت المقاومة
وأيضاً تتوقف هذه المقاومة على المسافة بين اللوحين فكلما كبرت
المسافة كبرت المقاومة وأيضاً تتوقف على نوع معدن العمود

(بند ٦٧) عمود بيكر ومات البوتاس: — يتركب هذا العمود

من إناء زجاجي يحتوي على سائل واحد مركب من حامض
كبريتيك وماء وبيكر ومات البوتاسيوم بنسبة ٢ : ١٠ : ١ وزناً
وهذا الإناء محاط من أعلاه بجزام من النحاس وبه غطاء من
الصيني مثبت في قاعدته الداخلية لوحان من الكربون وكلاهما
في اتصال بأحدي طرفي الغطاء من الخارج بواسطة مادة موصلة
ويكونان الطرف الموجب

ويوجد لوح آخر من الزنك معلق بين لوحى الكربون



(شكل ٩٣)

بواسطة قضيب من النحاس الأصفر قابل للتحرك من أعلى إلى أسفل وبالعكس كما هو مبين بشكل (٩٣) فيمكن رفع لوح الزنك من السائل عند عدم استعمال العمود

وعند استعمال العمود ينخفض لوح الزنك ليغمر في المحلول فيؤثر حامض الكبريتيك على الزنك مكونا كبريتات زنك وايدروجين ثم يؤثر هذا الحمض

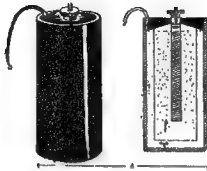
في بيكرومات البوتاسيوم منتجا أكسجين الذي يتحد مع الايدروجين الناشئ من التفاعل الأول ويكون ماء وبذلك يمنع الاستقطاب

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود تختلف بين ١.٨ و ٢.٩ فولت . أما مقاومته الداخلية فتكون صغيرة إذا ازداد مقدار الحامض أو زاد سطح الكربون أو الزنك أو قرب الزنك من كل من لوحى الكربون ويكثر استعمال هذا العمود عندما يراد الحصول على تيار كبير لمدة صغيرة

ولا يستعمل بكثرة لغلاء ثمن بيكرومات البوتاسيوم

بند (٦٨) العمود الجاف : — تستعمل الأعمدة الجافة في

الدوائر الكهربائية التي لا تحتاج الى تيار كبير مثل دوائر الاجراس



(شكل ٩٤)

والتليفونات ونظيرتها جميعا هي
نظرية عمود لكلائشيه وقطبا
العمود الجاف يشبهان أيضا
قطبي عمود لكلائشيه (الكربون
والزنك) شكل (٩٤)
وتركيبه الداخلي عبارة

عن لوح من الكربون (١) يكون القطب الموجب في وسط
عجينة سوداء من ثاني أوكسيد المنجنيز ومسحوق الكربون أو
الجرافيت مع محلول ملح النوشادر وكلورور الزنك وماء

وبداخله أيضا اناء من الزنك في وسطه عجينة بيضاء (٢)
تفصل العجينة الأولى عن اناء الزنك وهي مكونة من مصيص
ودقيق مندى بمحلول ملح النوشادر وكلورور الزنك وبعض من
الجليسرين وتغطي هذه الطبقات بطبقة من القار (الزيت) أو
الشمع الأحمر ذات ثقب لخروج الغازات ولكي يمتص الكلور
بعضا من رطوبة الجو يصنع القطب الموجب من الكربون
والسالب من سلك ملحوم في الاناء الزنك ويوضع هذا العمود
في غلاف من الورق المقوى

ومقاومته الداخلية تقرب من ١٠ أوهم وقوته الدافعة الكهربائية
مثل عمود لكلائشيه = ١.٥٥ فولت

كيفية عمل العمود الجاف

تؤخذ قطعة من لوح الزنك المعروف في التجارة بالرقم ١٢ عرضها ٦ وطولها ٩ تقريرا ثم تلف حتى تصير اسطوانة ارتفاعها ٦ ثم يصنع القاع بقطع قطعة دائرية من الزنك قطرها ٢٨ ر ٦ تقريرا ويلحم الجميع معا ثم يلحم أيضا سلك رفيع في حافة الاناء ليكون القطب السالب للعمود ثم يبطن داخل الاناء بمزيج من ملح النوشادر والجبس بنسبة ١ الى ٤ مع قليل من الماء النقي وبعض نقط من الجليسرين بطبقة ذات سمك قدرها ٦ بوصة تقريرا

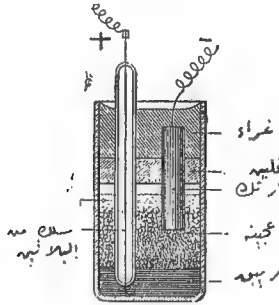
ثم نأخذ لوحا من فحم المعوجات (الكربون) ابعاده ٦ × ٦ ثم يثقب فيه ثقب صغيرا لوضع المسبار الذي يؤخذ منه القطب الموجب ثم نضعه في اناء الزنك على قطعة عازلة مثل الخشب أو الكاوتش ثم نملأ الفراغ بمخلوط مركب من ثاني أكسيد المنجنيز ومسحوق فحم المعوجات بنسبة ١ الى ٢ من الوزن مع قليل من الجليسرين وكورور الزنك وملح النوشادر وماء ليجمعه مبللا قليلا

بند (٦٩) عمود كلارك : هناك أشكال مختلفة لاعمدة كلارك

وسنقتصر منها على شكلين مهمين :

فاليمين بشكل (٩٥) يحتوي على أنبوبة اختبار رفيعة من الزجاج يخرقها سلك من البلاتين مغمور في زيتي يكون القطب

الموجب وفوق الزئبق عجينة مكونة من كبريتات الزئبق الممزوج



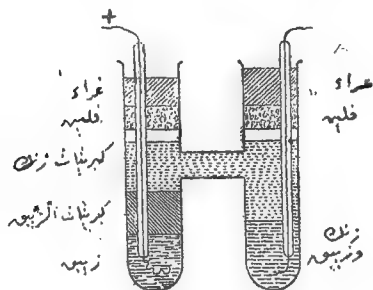
(شكل ٩٥)

يكبريتات الزئبق النقي وهذه مغطاة بمحلول مركز من كبريتات الزنك به بلورات من كبريتات الزنك فائدتها حفظ المحلول بحالة تشبع عند ما يستعمل في أى درجة حرارة كانت ومغمور في كبريتات الزنك لوح من الزنك يكون القطب السالب وتغطي الأنبوبة بقطعة من الفلين المغطاة بطبقة من الغراء

والمبين بشكل (٩٦) هو نوع آخر من أعمدة كلارك يميز عن النوع السابق الذكر

يحتوى على أنبوتين اختبار متصلين ببعضهما بواسطة أنبوبة فقية وبداخل كل أنبوبة أنبوبة رفيعة من الزجاج يخترقها سلك

من البلاتين فالحقبة الموجب هو زئبق موضوع في قاع احدي



(شكل ١٦)

الانوبتين والقطب السالب هو مجموعة من الزنك والزئبق موضوع في قاع الأنبوبة الأخرى وفوق الزئبق معجون من برينات الزئبق في احدي الأنبوتين وفوقه أيضا محلول كبريتات الزنك الذي يمتزج بالانوبة الأفقية ويتصل بالانوبة الأخرى حيث يملأها وميزة هذا النوع هو فصل محتوياته عن بعضها وثبات قوته الدافعة الكهربائية

والقوة الدافعة الكهربائية لهذا العمود ١.٤٣٤ فولت عند درجة حرارة ١٥° مئوي ولا يستعمل هذا العمود في التجارب بل يحفظ لاستعماله كعمود قانوني

(بند ٧٠) ليست الأعمدة جميعها ذات قيمة عملية كبيرة بل أغلبها له قيمة تاريخية فقط وقليل منها يستعمل الآن
مثال ذلك أعمدة كلارك فأنها تستعمل للمقارنة في تجارب
المعامل وأعمدة لكرانشيه تستعمل للأجراس ولو أن الأجراس
يمكن أن يستعمل لها أجهزة خاصة تسمى محولات اذا كان التيار
منعكسا أو يوضع مصباح في دوائرها اذا كان التيار منعكسا أو
مستمرا وكذلك الأعمدة الجافة لها بعض استعمالات خاصة
وأحيانا تستعمل في اللاسلكي

وعيب هذه البطاريات جميعا أنها كبيرة المقاومة الداخلية
وأنها تحتاج دائما الى التغير والتجديد
فالمقاومة الداخلية الكبيرة عيب نتيجة عدم إمكان أخذ تيار
كبير منها

بند (٧١) البطاريات الكهربائية

البطارية الكهربائية هي مجموعة من الأعمدة الكهربائية
تتصل بكيفية خاصة للحصول على تيار أقوى مما يمكن الحصول
عليه من عمود واحد

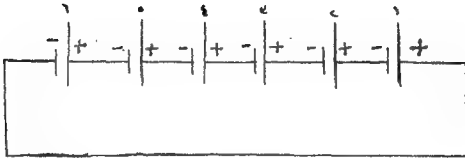
والطرق المختلفة لتوصيل الأعمدة لتكوين البطارية هي كما يأتي
(أولا) التوصيل على التوالي

في هذه الطريقة نترك القطب الموجب للعمود الاول خالصا ونوصل القطب السالب لهذا العمود الاول بالقطب الموجب للعمود الثاني بواسطة سلك من النحاس او اى موصل جيد للكهربائية ثم نوصل القطب السالب للعمود الثاني بالموجب للعمود الثالث بموصل آخر والموجب للعمود الثالث بالسالب للعمود الرابع وهكذا الى ان نصل بالتوصيل هذا الى القطب الموجب للعمود الاخير فيكون القطب السالب للعمود الاخير خالصا ايضا

من هذا يتكون لدينا مجموعة من الاعمدة تسمى البطارية قطبها الموجب هو القطب الموجب للعمود الاول وقطبها السالب هو القطب السالب للعمود الاخير فاذا وصل هذان القطبان للبطارية بأى موصل سرى التيار الكهربائى في هذا الموصل مارا بجميع الاعمدة بطريقة بسيطة

ولرسم العمود عمليا اصطلح ان يبين قطباه بمستقيمين متوازيين احدهما أقل طولا من الآخر ويبين الخط الاطول القطب الموجب والاقصر القطب السالب كما في شكل (٩٧)

وقد يوضع أمام المستقيمين علامتان
 + — على حسب القاعدة السابقة
 القطب الموجب القطب السالب
 + —
 فالشكل (٩٨) يبين ستة أعمدة مكونة
 بطارية اتصالتها على التوالى كما شرحنا وأقطابها
 مبينة بالمستقيمات المتوازية الرأسية
 شكل (٩٧)
 العمود الكهربائى



شكل (١٨)

كما ان اسلاك التوصيل مبنية بالمستقيمات الأفقية
وقد وضعنا علامة (+) للقطب الموجب وعلامة (—)
للقطب السالب وقد وصلنا هذين القطبين بسلك آخر يكون اتجاه
مرور التيار به من + الى —

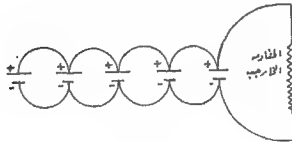
ولمعرفة معنى وفائدة هذا التوصيل تصور وضع الحروف
١ ب ج د هـ و ز ح ط ي ك ل م ن للقطب
الاعمدة ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ على الترتيب بحيث يكون القطبان
١ و ١٢ هما قطبي المجموعة الأول والاخير

فالقطب ١ أعلى جهدا من القطب ١٢ بمقدار جهد العمود
الاول ولكن ١ و ١٢ متصلان بسلك موصل فهما بجهد واحد
إذن ١ أعلى جهدا من ١٢ بمقدار جهد العمود الاول ايضا ولكن
١٢ أعلى جهدا من ١ بمقدار جهد العمود الثاني فلماذا يكون ١ أعلى
جهدا من ١٢ بمقدار مجموع جهدي العمودين الاول والثاني معا
واذا كررنا ذلك الى فصل الى القطب الاخير ١٢ نجد ان ١ أعلى
جهدا من ١٢ بمقدار من الجهد يساوى مجموع جهود الاعمدة جميعها

لهذا نستنتج القاعدة الهامة الآتية :-

فرق الجهد بين قطبي بطارية يساوى مجموع فروق الجهد لجميع
الاعمدة المكونة لها والمتصلة على التوالي

فمثلا اذا كان عدد الاعمدة ٦ كما في شكل (٩٨) وكان فرق
الجهد لكل عمود منها $= 2$ فولت كان فرق الجهد للبطارية المكونة
من هذه الاعمدة الستة $= 12$ فولتا اذا وصلت على التوالي كما بينا
يتبع زيادة الجهد زيادة مقدار التيار المأخوذ من البطارية
اذا كانت مقاومة السلك الخارجى (الدائرة الخارجة) كبيرة بالنسبة
للمقاومة الداخلية للاعمدة اما اذا كانت مقاومة السلك الخارجى
صغيرة بالنسبة لمقاومة الاعمدة الداخلية فلا تحصل على زيادة
تذكر في مقدار التيار وهذه الحالة الثانية يجب استعمال الطريقة
الثانية وهى طريقة التوصيل على التوازي
(ثانيا) طريقة التوصيل على التوازي



شكل (٩٩)

فى هذه الطريقة توصل جميع الاقطاب الموجبة للاعمدة بسلك
موصل واحد يبتدىء بالقطب الاول الموجب ثم الى القطب الثانى
الموجب ثم الى الثالث وهكذا

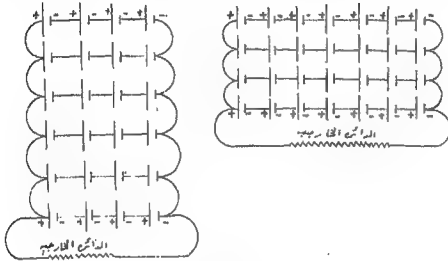
وكذلك توصل جميع الاقطاب السالبة بسلك واحد ويكون قطبا البطارية نفسها هما اي قطب موجب وأى قطب سالب لاي عمود من المجموعة فاذا وصلنا بسلك من أى قطب موجب الى اي قطب سالب سرى التيار الكهربائى في هذا السلك من جميع الاعمدة في وقت واحد ويكون هذا السلك الاخير هو الدائرة الخارجية وبما ان جميع الاقطاب الموجبة تتصل جميعا بسلك واحد فهي اذن بجهد واحد وكذلك جميع الاقطاب السالبة بجهد واحد شكل (٩٩)

ولهذا يكون فرق الجهد للبطارية مساويا فقط لفرق الجهد للعمود الواحد

ولهذا نرى اننا لانحصل على زيادة في فرق الجهد من هذه الطريقة ومع ذلك فان التيار المأخوذ من البطارية في الدائرة الخارجية يكون اكبر مما يؤخذ من عمود واحد اذا كانت المقاومة للدائرة الخارجية صغيرة بالنسبة لمقاومة العمود الواحد وسنبرهن على صحة ذلك فيما بعد

في هذه الطريقة يحسن أن تكون جميع الاعمدة ذات قوة دافعة واحدة وإلا سرت تيارات داخلية بين الاعمدة نفسها وهذه تسبب حرارة في نفس الاعمدة ولا يستفاد منها مطلقا في الدائرة الخارجية اما في طريقة التوصيل على التوالي فليس من الضروري ان تكون الاعمدة جميعها ذات قوة دافعة واحدة (ثالثا) — هناك طريقة اخري للتوصيل هي جمع بين الطريقتين

نسميها التوصيل على التضاعف شكل (١٠٠) وفي هذه الطريقة



شكل (١٠٠)

نقسم الأعمدة الى عدة مجموعات و نوصل كل مجموعة وحدها على التوالى ثم نوصل المجموعات بعضها مع بعض على التوازي

فلنفرض أن هناك ٢٤ عموداً نقسم هذه إلى ستة مجموعات تكون الواحدة منها محتوية على أربعة أعمدة ثم نوصل الأعمدة الأربعة للمجموعة الواحدة على التوالى ونعمل ذلك في الستة المجموعات ثم أخيراً نوصل هذه المجموعات الستة على التوازي فيكون كما في الشكل (١٠٠) ويمكن أيضاً أن نقسم هذه الأعمدة إلى ٤ مجموعات فتكون كل مجموعة منها مكونة من ستة أعمدة نصل الستة الأعمدة المكونة لكل مجموعة على التوالى ثم نوصل المجموعات الأربعة بعضها مع بعض على التوازي فيكون ذلك كما في (شكل ١٠٠)

وقد يمكن عمل ذلك بطرق أخرى كثيرة بقدر عدد العوامل المختلفة التي حاصل ضربها ٢٤ والتخير بين هذه الطرق المختلفة متوقف على العلاقة بين المقاومة الخارجية ومقاومة الأعمدة كما سنرى بعد

وأخيرا يجب أن نلاحظ أن التوصيل على التوالي يزيد في الجهد وأما التوصيل على التوازي يجعلنا نحصل على بطارية ألواحها أكبر سعة من العمود الواحد مع بقاء الجهد كما في العمود الواحد

أسئلة

- (١) اشرح العمود البسيط واذكر عيوبه
- (٢) ما السبب في استعمال خارصين (زنك) مملغم في الأعمدة البسيطة ؟
- (٣) ما تأثير الاستقطاب وكيف يمكنك بطريقة كيماوية التخلص منه ؟
- (٤) اشرح كيف أمكن تلافي عيوب العمود البسيط في عمود دانيال مع ذكر مميزات هذا الأخير وأين يفضل استعماله
- (٥) اشرح عمود بنزن أو جروف
- (٦) صف عمود لكلانشيه وارسم له رسما متقنا واذكر لماذا يستعمل عند ما يراد الحصول على تيارات متقطعة كالتيارات اللازمة للأجراس الكهربائية

- (٧) اشرح شرحا وافيا عمود ييكر ومات البوتاس وما ميزته
- (٨) إذا أخذت عمودين كهربائيين تركيبهما واحد وكان لوح أحدهما أكبر من الآخر ثم أدخلتهما في دائرة واحدة بحيث كان اتجاه التيارين فيهما مختلفين فماذا تكون النتيجة؟
- (٩) اشرح العمود الجاف وكيف يمكن عمله صناعيا
- (١٠) اشرح مع الرسم عمودين من أعمدة كلارك واذكر فائدتهما
- (١١) ما الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد في الأعمدة؟
- (١٢) ما الفرق بين التوصيل على التوالي وعلى التوازي للأعمدة؟
- (١٣) متى يكون التوصيل على التوالي ضروريا لاخذ تيار من البطارية أكبر مما يؤخذ من العمود الواحد ومتى يكون التوصيل على التوازي ضروريا لذلك؟
- (١٤) ماهو التوصيل على التضاعف؟ لرسم شكلا يبين ٣٦ عمودا متصلة بهذه الكيفية بترتين مختلفين واذكر عدد الترتيبات المختلفة الممكنة في هذه الحالة



الباب الثاني

للتيار الكهربائي المار بجسم ما تأثيرات مختلفة أهمها ما يأتي :

أولاً — التأثيرات المغناطيسية

ثانياً — الكهاولية

ثالثاً — الحرارية

وهناك تأثيرات أخرى مثل التأثيرات الفسيولوجية واشعة المهبط واشعة رنتجن واشعة جاما (γ) والتوجات اللاسلكية وغير ذلك مما لا يدخل في بحثنا هذا

وليس من الضروري عند مرور التيار في الجسم حدوث جميع هذه التأثيرات دفعة واحدة بكيفية ظاهرة بل الأمر متعلق بعوامل كثيرة منها مقدار التيار ومادة الجسم المار به هذا التيار ولفهم ذلك نفرض ان التيار الكهربائي الناشئ من عمود بسيط يمر في سلك من النحاس مثلاً فنجد أن مقدار التأثير الحراري لا يذكر كذلك نلاحظ عدم حدوث أي تغير كهاولي في السلك وكل ما يمكن ادراكه من التأثيرات هو التأثير المغناطيسي لأن هذا السلك اذا قرب من ابرة مغناطيسية معتادة انحرفت عن موضعها كما سنشرح ذلك الآن .

اذا اخذنا سلكين من النحاس ووصلنا أحد طرفي الأول بالقطب الموجب لبطارية وأحد طرفي الثاني بالقطب السالب ثم

أخذنا الطرفين الآخرين للسلكين وغمرناهما في اناء به ماء نجد ان الماء يخرج منه غازات عند موضع السلكين فيه ونعلم أن هذا نتيجة تحليل الماء الى عنصريه الاكسيجين والهيدروجين بفعل التيار الكهربائي ويكون التأثير الظاهر لنا في هذه التجربة هو التأثير الكيماوي وفي الوقت نفسه يوجد التأثير الحرارى لأن الماء يسخن قليلا وكذلك التأثير المغناطيسى لاتنا اذا رفعنا الاناء فوق ابرة مغناطيسية انحرفت عن موضعها ولكن التأثيرين الآخرين يكونان بدرجة بسيطة جدا

واخيرا اذا وصلنا بين القطب السالب والقطب الموجب لبطارية بسلك رفيع نجد ان هذا السلك تحدث فيه حرارة قد توصله الى درجة الاحمرار أو التوهج وربما يحترق تماما بسبب مرور التيار فيه مما يبين لنا التأثير الحرارى للتيار بشكل واضح ونبدأ الآن بدراسة هذه التأثيرات

بند (٧٢)

التأثيرات المغناطيسية

تجربة (٢٧) خذ ورقة صغيرة من الورق المقوي واجعل سلكا من النحاس يخترقها في وسطها تقريبا بحيث يكون طول السلك عموديا على بنطح الورقة تقريبا ثم اجعل تيارا كهربائيا مستمرا يمر في السلك من بطارية مثلا وبعثر فوق الورقة قليلا

من البرادة مع دقا دقا خفيفا أثناء ذلك تجد ان البرادة تترتب على



(شكل ١٠١)

سطح الورقة على شكل دوائر كما

في شكل (١٠١) وتكون هذه

الدوائر متحدة المركز مركزها

نقطة تلاقي السلك بسطح الورقة

وبما ان ترتيب البرادة يبين

لنا خطوط القوة المغناطيسية في

المجال المغناطيسي لهذا نستنتج ما يأتي :

أولا — حول التيار الكهربائي يوجد مجال مغناطيسي

ثانيا — خطوط القوة المغناطيسية في هذا المجال الناشئ من

التيار الذي يمر في سلك مستقيم تكون دوائر متحدة المركز في

مستوى عمودي على طول السلك ومركزها نقطة تلاقي المستوى

بالسلك

وبما أن عدد الدوائر التي يمكن رسمها في المستوى لا نهاية

له وكذلك عدد هذه المستويات لا نهاية له أيضا لذلك نري أن

جميع النقط التي في الفراغ يظهر فيها تأثير المجال المغناطيسي الناشئ

من مرور التيار وفقط يجب أن نلاحظ أنه كلما زاد بعد النقطة

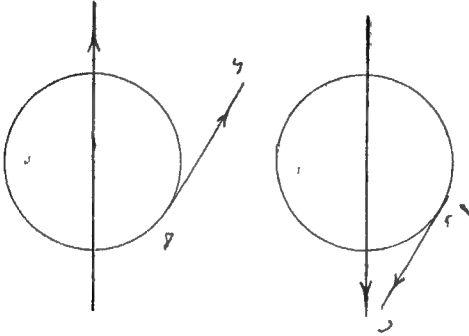
من السلك كانت قوة المجال المغناطيسي في هذه النقطة صغيرة

نأخذ دائرة واحدة من هذه الدوائر التي تمثل خطوط القوة

المغناطيسية (شكل ١٠٢) فتعلم من تعريف خط القوة المغناطيسية

أننا إذا رسمنا مماسا لهذه الدائرة عند أي نقطة كان اتجاه هذا المماس

اتجاه القوة المغناطيسية عند هذه النقطة ويبقى علينا تعيين الاتجاه على هذا المماس



(شكل ١٠٢)

لهذا نقول إنه وجد بالتجربة أنه إذا كان التيار إلى أسفل في السلك كما في الجزء الأيمن من الشكل كان اتجاه القوة من أ إلى ب أما إذا كان التيار إلى أعلى في السلك فإن اتجاه القوة يكون كما في الجزء الأيسر من هـ إلى و

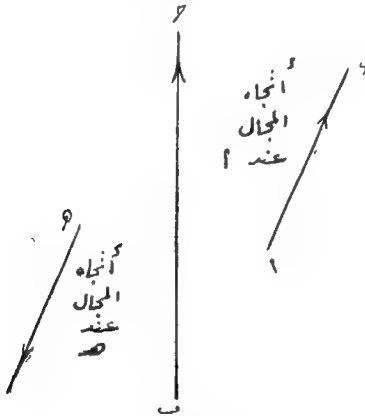
ولمعرفة الاتجاه توجد القواعد الآتية :—

- (أولاً) — قاعدة امبير — (ثانياً) — قاعدة اليد اليمنى
- (ثالثاً) — قاعدة البريمة .

أولاً: قاعدة امبير:

فرض العالم الشهير امبير أن هناك رجلاً يعمد فوق السلك الذي يمر فيه التيار بحيث يدخل التيار من رجله ليخرج من رأسه وبحيث يكون وجهه هذا الرجل نحو النقطة أ التي يراد إيجاد اتجاه المجال عندها

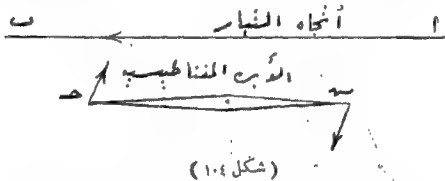
فاذا مد هذا الرجل العائم يده اليسرى وهو على هذا الترتيب فإن اتجاه يده اليسرى يكون اتجاه القوة المغناطيسية للمجال عند نقطة أ (شكل ١٠٣) إذا فرضنا أن السلك ب يمر فيه التيار



(شكل ١٠٣)

من ب الى هـ وأن هناك نقطة ا في الوضع المبين بالشكل وأن السلك ب هـ والنقطة ا في مستوى الورقة كانت القوة المغناطيسية عند ا في اتجاه عمودي على مستوى الورقة من أعلى إلى أسفل في هذه الورقة والمستقيم ا هـ المبين لاتجاه القوة المغناطيسية عند ا يكون إذن في مستوي عمودي على المستوى المار بالمستقيم ب هـ والنقطة ا وبهذه القاعدة يمكن للطالب أن يستنتج أن اتجاه المجال عند هـ على يسار المستقيم ب هـ يكون هـ وبجيث أن هـ ويكون عمودا على المستوي ب هـ هـ ويكون هـ خارجا من الورقة
نأخذ التجربة الآتية لشرح قاعدة امبير

تجربة (٢٨) خذ ابرة مغناطيسية (ابرة انحراف) وبعد أن تقف في اتجاهها الشمالى والجنوبى ضع فوقها على قرب منها سلكا من النحاس يوازي طولها مثل ا ب يمر فيه التيار من ا الى ب فتجد ان القطب الشمالى للابرة ينحرف في الاتجاه المبين بالشكل (١٠٤)

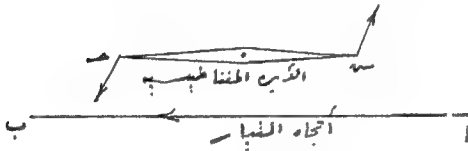


ولا ينسى الطالب أن القاعدة دائماً تعطى الاتجاه الذى يتحرك فيه القطب الشمالى لانتنا علينا من تعريف القوة المغناطيسية في

المجال عند نقطة ما فيه ان القطب الذى يفرض فى هذه النقطة يكون دائماً قطبا شماليا

ومن البديهي أن حركة القطب الجنوبي تكون مضادة تماما لحركة القطب الشمالى

من هذا يمكننا نستنتج بسهولة الاتجاه الذى يتحرك فيه القطب الشمالى للأبرة اذا كان السلك اسفلها كما فى شكل (١٠٥) لأن الرجل العائم على السلك فى هذه الحالة يكون وجهه الى أعلى ويده اليسرى اذا مدت تكون فى الاتجاه الذى يتحرك فيه القطب الشمالى كما هو مبين بشكل (١٠٥)



(شكل ١٠٥)

نلاحظ بما تقدم ان اتجاه مرور التيار فى الحالتين كان من اليمين الى اليسار أى من ا الى ب وان فى الحالة الأولى حركة القطب الشمالى تضاد حركة هذا القطب فى الحالة الثانية

وبعبارة اخرى اذا نقل السلك من أعلى الأبرة الى اسفلها مع بقاء اتجاه التيار فيه واحدا انعكس الاتجاه الذى ينحرف اليه الأبرة

يمكن الطالب ان يستنتج الاتجاه الذى تنحرف اليه الابرّة اذا انعكس اتجاه التيار فاصبح من ب الى ا فى الحالتين ويمكننا ان نجمع النتائج كما يأتى : —

اولا — التيار من الشمال الى الجنوب وفوق الابرّة فينحرف القطب الشمالى الى الشرق

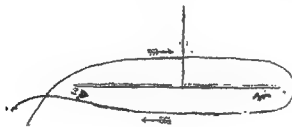
ثانيا — التيار من الشمال الى الجنوب وتحت الابرّة فينحرف القطب الشمالى الى الغرب

ثالثا — التيار من الجنوب الى الشمال وفوق الابرّة فينحرف القطب الشمالى الى الغرب

رابعا — التيار من الجنوب الى الشمال وتحت الابرّة فينحرف القطب الشمالى الى الشرق

ليس القصد من جمع هذه النتائج استظهارها فنحن لا ننصح للطالب بذلك مطلقا وإنما الواجب ان تحفظ القاعدة فقط وفي كل حالة يجب ان يتصور الشكل

لذلك نرى أنه اذا لف سلك حول الابرّة المغناطيسية شكل



شكل (١٠٦)

(١٠٦) بحيث كان

جزء منه أعلى الابرّة

والآخر أسفلها ومر

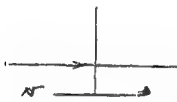
فيه تيار كهربائى كان

اتجاه التيار فى الجزء

الذى أعلى الابرّة يضاد اتجاهه فى الجزء الذى أسفل الابرّة

وبهذا يكون الانحراف الحادث في الابرة من تأثير الجزمين
معا في اتجاه واحد اى ان الانحراف الناشئ من الجزمين يكون
اكبر مما لو أثر اى جزء منهما على حدة على هذه الابرة
فيما تقدم ذكرنا حالتين لوضع السلك بالنسبة للابرة وهما اما
فوقها او تحتها

بقى علينا الآن ان نبين ماذا يحدث للابرة لو ان السلك الذي
يحمل التيار وضع موازيا لها ومعا في مستوى افقى واحد
شكل (١٠٧)



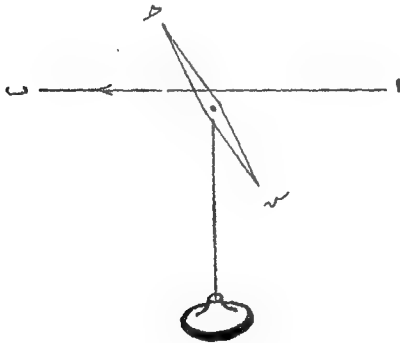
شكل (١٠٧)

في هذه الحالة لا يمكن ان يحدث
في الابرة اى انحراف وليس ذلك لان
المجال المغناطيسى غير مؤثر بل لان اتجاه
تأثير المجال في هذه الحالة لا يمكن ان
يحدث اى حركة في الابرة

ولفهم هذا نقول ان موقع القطب الشمالى ش والمستقيم ١ ب
معا يعين مستويا افقيا وبما ان اتجاه القوة المغناطيسية في المجال
الحادث تؤثر عند ش في اتجاه عمودى على المستوى فاذن يكون
الاتجاه الذى يميل اليه القطب ش هو الاتجاه الرأسى (الى اعلى في
هذه الحالة) وبما ان الابرة ابرة انحراف ولا يمكن الا ان تتحرك
في مستوى افقى لهذا لا تتحرك مطلقا
ويمكن إثبات ذلك بالتجربة الآتية : —

تجربة (٢٩)

خذ ابرة ميل وضعها بحيث يكون المستوى الرأسى التى تتحرك فيه هو مستوى خط الزوال المغناطيسى ضع بالقرب منها فى اتجاه افقى السلك ١ ب الذى يحمل التيار الكهربائى كما فى شكل (١٠٨) تجد انه اذا كان السلك الى الغرب من الابره قلت زاوية الميل التى تتيها هذه الابره وهذا دليل على ان القطب الشمالى ارتفع الى اعلى واما اذا وضع السلك الى الشرق من الابره زادت زاوية الميل دليل على ان قطبها الشمالى انخفض الى اسفل



شكل (١٠٨)

وخلاصة ما تقدم تجمع فيما يأتي : —

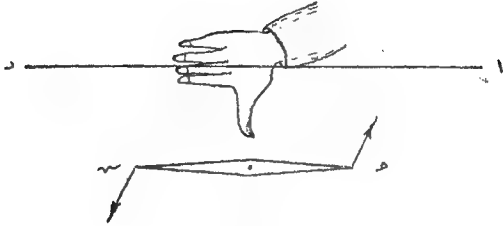
اولا — التيار المار بأي سلك يحدث حوله مجال مغناطيسي يستدل على وجوده بتأثيره على الابرّة المغناطيسية لانه يسبب انحرافها ثانيا — اذا كان السلك الذي يحمل التيار مستقيما كانت خطوط القوة في المجال حوله على شكل دوائر في مستوى عمودي على طول السلك ومركزها على السلك

ثالثا — اتجاه القوة في المجال الحادث من ذلك عند أي نقطة يكون على المستقيم المار بالنقطة وعمودا على المستوى المار بالنقطة وطول السلك المستقيم

رابعا — يمكن وضع السهم لاتجاه القوة المغناطيسية بقاعدة امبير المذكورة سابقا أو بأحدى الطريقتين الآتيتين
ثانيا : قاعدة اليد اليمنى

نفرض ان A ب السلك الذي يحمل التيار وإن اتجاه التيار فيه من A الى B ونفرض ان هذا السلك A ب وضع فوق الابرّة المغناطيسية ش H موازيا لها

فلمعرفة اتجاه انحراف الابرّة تتصور أننا وضعنا اليد اليمنى فوق هذا السلك لكي يكون باطنها نحو الابرّة وبحيث يخرج التيار من طرف الأصابع فالاتجاه الذي يشير اليه الأصابع عند مده على هذه الحالة يكون الاتجاه الذي ينحرف اليه القطب الشمالى للابرّة
شكل (١٠٩)

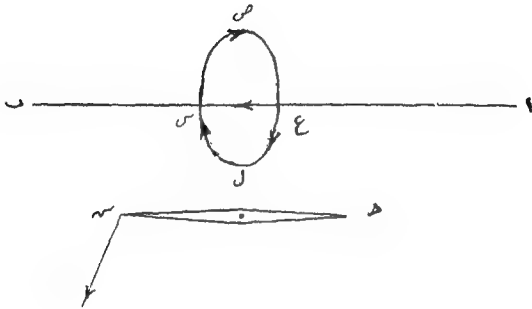


شكل (١٠٩)

ثالثا : قاعدة البريمة :

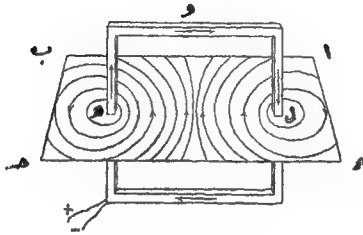
نأخذ الفرض السابق في القاعدة السابقة ونفرض أن اتجاه التيار من ا الى ب هو اتجاه بريمة معتادة تتحرك من ا الى ب شكل (١١٠) فلكي تسير البريمة في هذا الاتجاه يجب أن تدار يدها في الاتجاه المبين على الدائرة س ص ع ل بفرض أن القوس ل س ص هو الخارج من الورقة في جهتنا من الامام والقوس ص ع ل الخارج من الورقة من الخلف

فيكون اتجاه حركة القطب الشمالى نفس اتجاه الحركة على هذه الدائرة ولذلك نجد أن القطب الشمالى يخرج من الورقة الى جهتنا



شكل (١١٠)

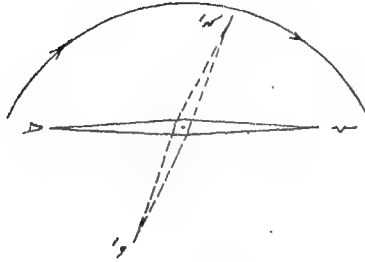
بند (٧٣) المجال الناشئ من تيار يمر في سلك على شكل دائرة
 تجربة (٣٠) خذ قطعة من الورق المقوي مثل $هـ$ و
 شكل (١١١) واجعلها أفقية واجعل السلك $هـ$ و $ل$ الملتوي
 على شكل برواز يمر من الورقة عند القطبين $هـ$ و $ل$ بحيث يكون
 السلك في مستوي رأسي أي في مستوي عمودي على مستوي
 الورقة ثم ضع قليلا من البرادة على الورقة وامرر تيارا قويا من
 السلك ثم دق الورقة قليلا تجدد ان البرادة تترتب على شكل
 خطوط منحنية حول السلكين بحيث يكون الجزء المرتب منها
 حول $ل$ يماثل الجزء المرتب حول $هـ$



(شكل ١١١)

هذه الخطوط التي رُتبت بها البرادة هي خطوط القوة المغناطيسية في مستوى الورقة ولمعرفة اتجاه السهم على هذه الخطوط نضع هذا السلك والورقة معه بحيث يكون المستوى الرأسى الذى فيه السلك هو مستوى خط الزوال المغناطيسى ونضع ابرة مغناطيسية صغيرة في مركز دائرة السلك فالجهة التي تنحرف اليها الابرة تبين اتجاه المجال كما بينا في البند السابق .

في هذه الحالة المبينة بشكل (١١١) ينحرف القطب الشمالى للابرة ليدخل داخل الورقة كما في شكل (١١٢) الذى فيه ش هـ وضع الابرة قبل مرور التيار و ش هـ وضعها بعد مرور التيار والطريقة لمعرفة اتجاه المجال الناشئ من سلك ملفوف على شكل دائرة هي نفس الطريقة التي تستعمل للسلك المستقيم أي أننا

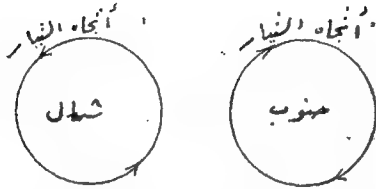


شكل (١١٢)

يمكننا أن نستعمل احدى الطرق الثلاث السابقة ولكن هناك
طريقة اسهل في هذه الحالة وهي : —

إذا نظر الى السلك ووجد ان التيار المار فيه يمر في اتجاه
عقارب الساعة كان المواجه لنا القطب الجنوبي والبعيد عنا
القطب الشمالى

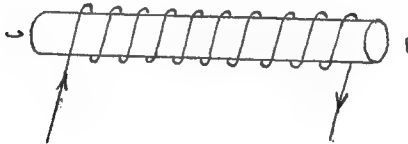
وبالعكس اذا نظر الى السلك وكان التيار في اتجاه ضد عقارب
الساعة كان المواجه لنا القطب الشمالى والبعيد عنا القطب الجنوبي
انظر شكل (١١٣)



شكل (١١٣)

نأخذ بعد ذلك سلكا ملفوفا عدة مرات حول اسطوانة من الحديد لثغطسها بالتيار الكهربائي

فاذا فرضنا اذن ان سلكا لف عدة مرات في اتجاه واحد حول اسطوانة من الحديد وكانت قاعدتا الاسطوانة م م فترى



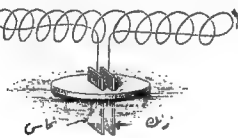
شكل (١١٤)

ان السلك اذا نظر اليه من جهة (م) كان التيار فيه في اتجاه عقارب الساعة وكانت القاعدة م من هذه الاسطوانة قطبا جنوبيا اما اذا

نظر اليه من . فان دوران التيار حول الاسطوانة يكون في اتجاه مضاد لاتجاه عقارب الساعة وتكون القاعدة قطبا شماليا ولهذا نرى انه يكفي ان نبعث احدى الجهتين ليتين احد القطبين فيكون الطرف الثاني هو القطب الآخر يسمى السلك الذي يحمل التيار الكهربائي ويكون ملفوفا على شكل اسطوانة بالسولونيد ويمكن اثبات ذلك بتجربة البطارية العامة

تجربة (٣١) خذ قطعة كبيرة من الفلين وثبت فيها له حين احدهما من الخارصين المملغم والآخر من النحاس بحيث يكون اتجاه طولها عموديا على اتجاه طول قطعة الفلين ثم وصل نقطتين في اعلى اللوحين بسلك من النحاس ملفوفا على شكل عدة دوائر بحيث يكون محور هذا الملف موازيا لقطعه الفلين ثم ضع هذا الجهاز جميعه في حوض به ماء مضاف اليه حامض الكبريتيك

بنسبة ١٠ : ١ بحيث يكون مقدار السائل كافيا لكي يتحرك الجهاز خالصا فيه



شكل (١١٥)

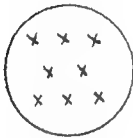
شكل (١١٥)

فتجد ان هذا الجهاز يتحرك الى ان يأخذ وضعاً يكون فيه محور اللف في اتجاه خط الزوال المغناطيسى وذلك لان التيار في هذا السلك جعله مغناطيسيا

وبالبحث عن اى الطرفين للـف يكون جهة الشمال والاخر
جهة الجنوب تطبق القاعدة السابقة

بند (٧٤) الاشارات المستعملة

اولا — اذا فرض ان ا ب م و سلك على شكل دائرة يحمل
تيارا كهربائيا في اتجاه عقارب الساعة فقد علمنا ان الوجه المقابل
لنا هو القطب الجنوبي لهذه الدائرة ومعنى هذا اننا اذا فرضنا ان
هذا السلك ملفوف حول قطعة من الحديد طولها عمودى على
مستوي الدائرة فان القطب الذى امامنا يكون القطب الجنوبي
بقطعة الحديد هذه



شكل (١١٦)

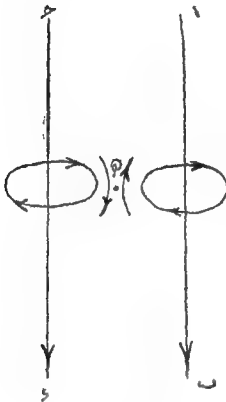
وبما ان السهم الذي يوضع على اتجاه
خط القوة المغناطيسية هو اتجاه حركة
القطب الشمالى في المجال اذن في هذه الحالة
يكون السهم عموديا على مستوى الدائرة
وداخلا في الورقة وفي هذه الحالة نرى

خلف السهم فبينه على الورقة بعلامة x

اذن علامة x تدل على الوجه الذى امامنا وجهه جنوبى وان
خطوط القوة الى داخل الورقة شكل (١١٦)

ثانيا — اذا فرض وكان اتجاه التيار ضد عقارب الساعة كان
الوجه الذى امامنا شماليا وكانت خطوط القوة عمودية على مستوي

اتجاه واحد الى أسفل فنعلم ان لكل من السلكين مجالا حوله وأن المجالين لا بد ان يؤثر أحدهما على الآخر كما لو كان هناك قضبان من المغناطيس

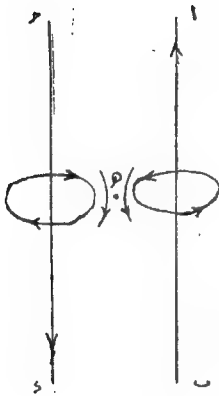


(شكل ١١٩)

واتجاه خطوط القوة المغناطيسية كما في شكل (١١٩) فإذا فرضت نقطة مثل هـ بين السلكين وان بها قطبا شماليا يتأثر بالمجالين في وقت واحد فنجد أن حركة هذا القطب الشمالى في مجال أحد السلكين ضد حركته في مجال السلك الثانى وهذا واضح من اتجاه الأسهم المرسومة بالقرب من هـ حسب القواعد السابقة لذلك نرى أن المجالين متضادان ولهذا يجب أن يحصل

بين السلكين تجاذب

يحصل ذلك أيضا اذا كان اتجاه التيار في السلكين الى أعلى ولكن اذا جعلنا اتجاه التيار في أحد السلكين الى أعلى والآخر الى أسفل كانت حركة القطب الموضوع في هـ واحدة بتأثير المجالين شكل (١٢٠) واذن يكون المجالان متشابهين واذن يحدث بين السلكين تنافر



(شكل ١٣٠)

من جميع ما تقدم بخصوص
السلكين المتوازيين اللذين يحملان
تيارا كهربائيا نستنتج القاعدة
الآتية : —

السلكان المتوازيان يتجاذبان
إذا كان التيار فيهما في اتجاه واحد
ويتنافران إذا كان التيار فيهما في
اتجاهين متضادين

بند (٧٦) من الشرح السابق
نرى أنه لا أدراك مرور التيار
الكهربائي في سلك ما تقرب هذا
السلك من ابرة مغناطيسية فاذا

تحركت كان السلك يحمل تيارا كهربائيا

ولكن اذا كان التيار ضعيفا جدا وكانت البرة ثقيلة فان
حركتها قد تكون صغيرة بدرجة لا يمكن ملاحظتها ولهذا يمكن
عمل جهاز خاص يمكن به مرور التيارات الضعيفة جدا في
الاسلاك بتأثيرها على البرة وهذه الاجهزة تسمى الجالغانومتر
فالجالغانومتر اذن جهاز يمكن به الاستدلال على وجود

التيارات الضعيفة جدا وقد يستعمل لقياس مقدار التيار
وهناك أجهزة أخرى لقياس مقادير التيارات الكبيرة التي
تقدر بالأمبير أو عشرات أو مئات الأمبير أو أكثر من ذلك

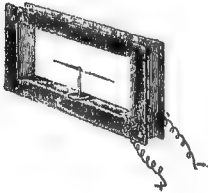
وهذه تسمى أميرو مترات والواحد منها يسمى أميرو متر ومنها ما يسمى مللى أمير وهو لقياس التيارات الصغيرة جدا التي يكون أقلها $\frac{1}{1000}$ من الأمير

بند (٧٧) وللوصول الى جعل الأبرة تتأثر بالتيار الضعيف جدا وتتحرف طريقتان:

الطريقة الأولى: — لف السلك عدة مرات حول الأبرة
الطريقة الثانية: — استعمال الأبرة الاستاتيكية

ففي الطريقة الاولى تعلق الأبرة المعتادة من مركز ثقلها تعليقاً خالصاً من خيط رفيع بحيث تكون أفقية او ترتكز على محور رأسى ثم يلف السلك على شكل دائرة او شكل بيضاوي عددا كبيرا من اللفات فاذا لم يمر التيار في لفات السلك انجذبت

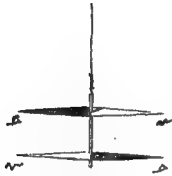
الأبرة شمالا وجنوبا بتأثير مغناطيسية الارض واذا مر التيار انحرفت مقدارا يتعلق بنسبة قوة المجال الحادث من التيار لقوة مجال المغناطيسية الأرضية. انظر



شكل (١٢١)

شكل (١٢٢)

والجهاز المبين بهذا الشكل هو ما يسمى الجلفانوسكوب
وفي الطريقة الثانية: — تستعمل إبرة خاصة تسمى الأبر



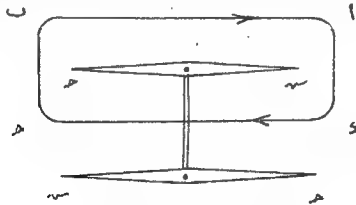
شكل (١٢٢)

الاستاتيكية وهي مكونة من إبرتين
مغناطيسيتين متساويتين من جميع
الوجوه ومتوازيتين ومتصلتين اتصالاً
ثابتاً بمحور بينهما ولذلك إذا علقت
هذه المجموعة بخيط من وسطها لكي
تكون أفقية فلا يكون لمجال الأرض

تأثير عليها لأن قطب الأولى الشمالي فوق قطب الثانية الجنوبي
تماماً أنظر شكل (١٢٢)

وإذا نزعنا المجموعة في أي وضع كان ثم يلف السلك حول
إحدهما ويمر فيه التيار فتتحرف المجموعة للسبب الآتي:

الجزء أ من السلك يؤثر على الأبرتين تأثيراً مضاداً ولكن
لقربه من الأبرة العليا يكون تأثيره عليها أكثر وعلى حسب الوضع
المرسوم شكل (١٢٣) تدخل المجموعة في الورقة من الجهة اليمنى لها



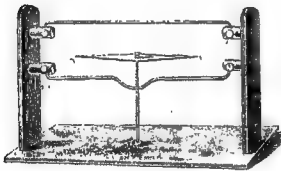
شكل (١٢٣)

والجزء ب من السلك بما فيه من التيار يؤثر على الأبرتين

تأثيرا مضادا لأنه أسفل العليا وأعلى السفلى فيكون تأثيره على المجموعة صفرا إذا كان في الوسط تماما

وإذن تكون حركة المجموعة بتأثير الجزء ١ من السلك فقط ولكن بما ان المجال الأرضي قد أصبح تأثيره على المجموعة صغيرا لذلك تنحرف المجموعة بأي تيار قليل لأن المجال الحادث من تأثير هذا التيار الضعيف يمكن الاعتداد به بجانب تأثير المغناطيسية الأرضية الذي أصبح ضعيفا جدا وفي الحقيقة تستعمل الطريقتان معا غالبا اي اننا نعمل السلك بلفات كثيرة جدا وفي الوقت نفسه نستعمل الأبرة الاستاتيكية

وابسط انواع الجلفاناسكوب هو الذي يحتوي على أبرة مغناطيسية تتحرك في مستوي أفقي موضوع فوقها أو أسفلها سلك



شكل (١٢٤)

مستقيم يمر فيه التيار
شكل (١٢٤)

والأبرة تتحرك
فوق سن مدبب على
قائم رأسى من الخشب
متصل بقاعدة من

الخشب لها قائمان جانبيين من الخشب ايضا يمتد السلك افقيا بينهما ولاستعمال الجهاز يجب أولا ان يوضع الجهاز بحيث يكون السلك الأفقي فيه متجها شمالا وجنوبا واذن يكون موازيا للأبرة

لأنها متأثرة بالمغناطيسية الأرضية فقط وذلك قبل مرور التيار في السلك

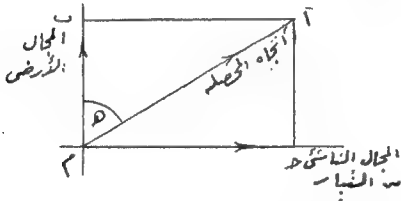
بعد ذلك نمرر التيار في السلك فتتحرف الابرة كما بينا سابقا

و السبب في وضع السلك في اتجاه خط الزوال المغناطيسي قبل استعمال الجهاز هو ان مرور التيار في السلك يوجد مجالا مغناطيسيا حول السلك يكون عموديا على اتجاه خط الزوال المغناطيسي ولذلك عند مرور التيار تكون الابرة متأثرة بمجالين في وقت واحد هما :-

اولا - المجال الأرضي

ثانيا - المجال الناشئ من مرور التيار في السلك

فتكون النتيجة اذن ان الابرة تتجه في اتجاه محصلة القوتين المذكورتين



شكل (١٢٥)

وبما ان القوتين متعامدتان كما ذكرنا فتكون العلاقة بين

القوتين أبسط ما يمكن وهى :-

$$\text{شدة مجال التيار} = \frac{M}{r} = \frac{M}{a} = \text{شدة المجال الأرضي}$$

بفرض أن θ هى الزاوية am التى تنحرفها الابرّة عن اتجاهها الاصلى mb قبل مرور التيار

فاذا فرضنا أن (u) شدة المغناطيسية الأرضية (v) (و) شدة

مجال التيار وأن (θ) زاوية الانحراف للابرّة ينتج أن $\frac{u}{v} = \tan \theta$

$$u = v \tan \theta$$

وبما أن مقدار شدة المجال (u) تتناسب مع شدة التيار ومقدار المجال (v) ثابت

لذلك نرى أن شدة التيار تتناسب مع ظل زاوية الانحراف

وهذه النتيجة لا تكون صحيحة الا بالشروط الآتية :

أولا - أن يكون السلك فى اتجاه خط الزوال المغناطيسى

ثانيا - يجب أن يكون مقدار الانحراف الذى يحدث صغيرا لان تناسب شدة المجال مع مقدار التيار لا يكون تاما فى الاوضاع المختلفة للابرّة بعد انحرافها

ثالثا - يجب أن يكون طول الابرّة صغيرا بالنسبة لطول السلك للسبب المذكور فى ثانيا

الشرط المذكور في (أولا) يكون ضروريا لكي نستعمل القانون السابق بمعنى اننا إذا لم نجعل السلك في خط الزوال المغناطيسى لا يكون استعمال القانون السابق جائزا لان المجالين لا يكونان متعامدين وهذا التعامد بين المجالين هو الذي استنتجنا منه القانون ولكن الانحراف الذي يحدث للابرة من تأثير التيار في السلك يحدث دائما في كل الأوضاع الا في وضع واحد وهو: اذا كان السلك عموديا على خط الزوال فيكون المجال الناشئ من التيار فيه موازيا لمجال الارض وفي هذه الحالة لو اجريت التجربة يحدث شئ من اثنين:

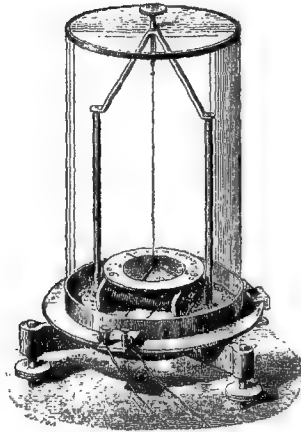
(٢) اما ان تبقى الابرة في مكانها بدون انحراف وهذا اذا كان المجالان في اتجاه واحد

(ب) واما ان تنقلب الابرة تماما اى تدور ١٨٠° بالضبط اذا كان المجالان متضادين وكان مجال التيار اقوى من مجال الارض ونترك للطالب بحث هذا نظريا وعمليا بالتجربة

بند (٧٨) - الجلفانومتر ذو الابرة الاستاتيكية أو

الجلفانومتر الاستاتيكي

في النوع المعتاد من هذا الجهاز تستعمل القاعدتان معا لزيادة قوة المجال الحادث من التيار الضعيف اى اننا نستعمل الابرة الاستاتيكية ونلف السلك عدة مرات حولها ويتركب الجهاز كما في شكل (١٢٦) من مجموعة أستاذاتيكية معلقة في خيط من



شكل (١٢٦)

لحرير المحلول وتوجد الابرة السفلى من المجموعة داخل إطار
من الخشب ملفوف حوله ملف من السلوك النحاسية المعزولة
ونهاية طرف هذا الملف تنتهى بمسارين محويين مثبتين في قاعدة
الجهاز وموضوع فوق هذا الملف تحت الابرة العليا من المجموع
قرص مدرج صفر تدريجه في نهايتى قطره الموازي لاتجاه لف
الاسلاك

وينقسم القرص الى أربعة اجزاء كل منها ٩٠° مبتدئة من
الصفر ويوضع فوق قاعدة الجهاز ناقوس زجاجى وتحمل هذه

القاعدة على ثلاثة مسامير محوية يمكن بواسطتها جعل الجهاز افقيا ويستعمل هذا الجهاز في مقارنة شدتى تيارين مختلفين على شرط ان لا يتجاوز الانحراف الابرّة ١٥°

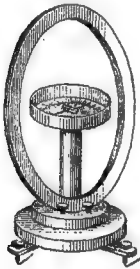
فاذا تجاوز الانحراف عن ذلك لا تكون شدة التيار متناسبة مع زاوية انحراف الابرّة

فمثلا إذا مر تيار بالجهاز بحيث انحرّف ١٠° تكون شدته ضعف شدة التيار الآخر الذى لومر به وانحرّف ٥°

وعندما تكون الابرّة الاستاتيكية تامة الصنع يكون اتجاهاها حينما اتفق كما لو كانت الابرّتان المكوّتان لها غير ممّخطّتين وفي هذه الحالة يكون الاتجاه الذى تأخذه الابرّة عند تعليقها تعليقاً خالصاً هو الاتجاه الذى لا يحدث أىّ لىّ فى الخيط المعلقة منه واذن نرى انه عندما يمر التيار فى السلك المحيط بها وتنحرف الابرّة بتأثير المجال من هذا التيار وتكون القوة المضادة لذلك هى قوة اللىّ فى هذا الخيط فقط وهذا يقرب جدا من الحقيقة إذ انه لو فرض وكانت الابرّة غير تامة الصنع من الوجهة الاستاتيكية فان تأثير المجال الارضى عليها لا يكون شيئاً بجانب قوة اللىّ فى الخيط وعلى اى حال لا يلزم مطلقاً وضع الملف الذى يحيط بالابرّة بحيث يكون مستواه موازياً لخط الزوال بل يكفى كما قلنا ان تكون الابرّة عند ابتداء التجربة بحيث لا يكون فى الخيط اى لىّ مطلقاً

بند (٧٩) الجلفانومتر ذو الظل :

يتركب هذا الجهاز من إطار من الخشب على شكل دائرة رأسية يلف حوله السلك الذى يمر فيه التيار وفي وسط هذه الدائرة توضع إبرة مغناطيسية تتحرك فى مستوي أفقى على حامل رأسى يتصل بالدائرة الخشبية وبالقاعدة للجهاز . أنظر شكل (١٢٧)



شكل (١٢٧)

ويسمى هذا الجهاز بجلفانومتر الظل لان ظل الزاوية التى تتحركها الإبرة يتناسب مع شدة التيار ولبرهنة ذلك نقول إنه اذا فرض ان مقدار قوة جذب الارض هى (ب) مثلاً وهى مقدار ثابت وان مقدار القوة المغناطيسية للتيار الكهربائى (و) فان قيمة (و) هذه تتناسب تناسبا طرديا مع شدة التيار (ت) وايضا مع عدد اللفات (د) اى انه كلما زادت

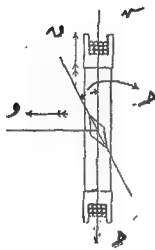
شدة التيار (ت) زادت زاوية الانحراف كذلك كلما زاد عدد اللفات (د) زادت زاوية الانحراف كما أنها تتناسب تناسبا عكسيا مع نصف القطر (ب) اى انه كلما كبر القطر قل الانحراف

$$\therefore \text{القوة المغناطيسية للتيار الكهربائى} = \frac{\text{ت} \times \text{د}}{\text{ب}}$$

فمن شكل (١٢٨) نرى ان كلا من قوة جذب الارض وقوة مغناطيسية التيار يتعادلان عندما يصنعان مع بعضهما زاوية قائمة فاذا كانت (و) متجهة نحو الغرب و ن نحو الشمال يكون:

$$و جا \theta = و جتا \theta$$

$$و = و \frac{جا \theta}{جتا \theta} = و ظا \theta$$



$$وحيث ان و = \frac{ت \times ط ٢}{و}$$

$$\therefore و = \frac{ت \times ط ٢}{و \times ظا \theta}$$

$$ت = \frac{و \times و}{ط ٢} \times ظا \theta$$

شكل (١٢٨)

$$وحيث ان \frac{و \times و}{ط ٢} عدد ثابت$$

وان الامير $\frac{1}{10}$ الوحدة المغناطيسية الكهربائية:

$$\therefore \text{شدة التيار بالامير} = \frac{و \times و \times 10}{ط ٢} \times ظا \theta$$

∴ شدة التيار ت = عدد ثابت × ظل زاوية الانحراف

مثال تطبيق

إذا كانت قوة جذب الأرض المؤثرة على جهاز الجلفانومتر هي ٠.١٨ ر. من الوحدة وأن نصف قطر دائرة الملف ٥ سنتيمترات وعدد لفاته ١٠ فأوجد شدة التيار بالأمبير اللازمة لجعل الجهاز ينحرف بزاوية قدرها ٤٥°

الحل

$$\therefore \text{شدة التيار بالأمبير} = \frac{0.18 \times 10 \times 5}{10 \times 3.1416 \times 2} \times \tan 45^\circ$$

$$\text{و } \tan 45^\circ = 1 \text{ صحيح}$$

$$\therefore \text{شدة التيار بالأمبير} = \frac{0.18 \times 10 \times 5}{10 \times 3.1416 \times 2} \times 1 = 0.143 \text{ أمبير}$$

من هذا المثال يلاحظ أن شدة التيار تساوى العدد الثابت عندما ينحرف الجهاز زاوية قدرها ٤٥°

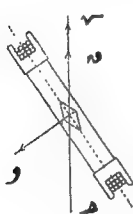
وحيث أن شدة التيار = عدد ثابت \times ظل زاوية الانحراف
أذن شدة التيار تتناسب مع ظل زاوية الانحراف وعلى ذلك
تكون النسبة بين شدتي تيارين كالنسبة بين ظلي زاويتي الانحراف

بند (٨٠) الجلفانومتر ذو الجيب

لاحظنا في جلفانومتر الظل أنه يجب قبل البدء في استعماله وضعه بحيث يكون مستوي الملف هو خط الزوال المغناطيسى

ولكن في جلفانومتر الجيب لا يشترط ذلك بل يكفي اننا يمكننا أن ندير الملف ليكون مستواه في أى وضع نريد وذلك بأدارته حول محور، أسمى

فعندما يمر تيار كهربائى به تنحرف الابرة فنحرك الملف بحيث يتبع الابرة حتى يصبح مستوى الملف موازياً لموضع انحرافها فيكون مقدار القوة المغناطيسية الناشئة من التيار الكهربائى (و) مؤثرة في اتجاه عمودى على اتجاه القوة المغناطيسية الارضية



(شكل ١٢٩)

فإذا كانت θ هي زاوية الانحراف شكل (١٢٩) وبأخذ العزم حول المركز يكون $\tau = I A H \sin \theta$

$$\therefore \text{شدة التيار (ت)} = \frac{\tau}{I A}$$

$$\text{وحيث أن } \frac{\tau}{I A} = \text{عدد ثابت}$$

$$\therefore \tau = \text{عدد ثابت} \times I A$$

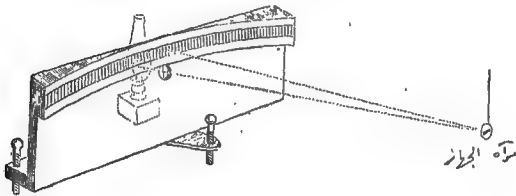
$$\frac{\tau}{I A} = \text{قيمة و للملف الدائري} = \frac{N \cdot 2\pi}{\theta}$$

$$\left. \begin{aligned} N &= \text{عدد اللفات} \\ \theta &= \text{النسبة التقريبية} \\ \frac{\tau}{I A} &= \text{نصف القطر} \end{aligned} \right\} \text{يفرض أن}$$

وفي هذه الحالة تكون شدة التيار مناسبة لجيب زاوية الانحراف ويقال للجلفانومتر اذن بجلفانومتر الجيب .

(يند ٨١) الجلفانومتر ذو المرآة : —

يمتاز هذا الجهاز بحساسيته ويتركب من ملف من السلك الرفيع الدقيق داخله الابرة المغناطيسية مثبتة في مرآة صغيرة مستديرة ومعلقة في خيط من الحرير ويستعمل مع الجهاز مقياس مدرج محمول على حامل شكل (١٣٠) يوضع أمام مرآة الجهاز بمسافة وبأسفل المقياس ثقب يسمح لسقوط شعاع ضوئي من مصباح موضوع خلفه



(شكل ١٣٠)

فعند سقوط الشعاع على مرآة الجهاز ينعكس بحيث يسقط على صفر تدريج المقياس وذلك قبل مرور التيار



(شكل ١٣٠ مكرر)

وعندما يمر أى تيار كهربائى بالجهاز
تنحرف الأبرة و تنحرف معها المرآة
وتتغير بذلك نقطة سقوط الشعاع ويمكن
معرفة درجة انحراف الأبرة على المقياس
ويلاحظ هنا ان زاوية السقوط
تساوى زاوية انعكاس الضوء وتكون زاوية
الانحراف هى نصف الزاوية التى نقرأها
على التدريج

ويفضل استعمال الجزء مع الجلفانومتر اذا لم تكن شدة
التيار ضعيفة أنظر (باب الأجهزة الكهربائية)



الباب الثالث

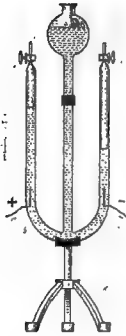
التأثيرات الكيميائية

بند (٨٢) اذا مر التيار الكهربائي في محلول مركب تحلل هذا الى عناصره الاولى . وتختلف هذه المحلولات باختلاف انواعها الى موصل أو عازل أو قابل للتحليل فالمحلولات الموصلة للتيار الكهربائي هي المتكونة من المعادن المنصهرة وكذلك الزئبق ونتيجة مرور التيار الكهربائي بهذه هي رفع درجة حرارتها فقط . ومن المحلولات العازلة او الغير الموصلة للتيار الكهربائي البترول والكحول والماء النقي والكبريت المنصهر ودرجة عزل كل منها تختلف عن الآخر

اما المحلولات القابلة للتحليل فهي السوائل المركبة الجيدة التوصيل كالاملاح المذابة في الماء او المنصهرة والحوامض والتجربة الآتية تبين لنا تأثير مرور التيار الكهربائي في محلول مركب قابل للتحليل

تجربة (٣٢) : تحليل الماء

بما ان الماء النقي موصل ردي للتيار الكهربائي لذلك يجب لتحليله



شكل (١٣١)

إضافة كمية قليلة من حامض الكبريتيك إليه
والجهاز الذي يستعمل عادة لتحليله
هو المسمى جهاز (هوفمان) شكل (١٣١)
وهو يتركب من أنبوبتين رأسييتين
تتصلان من أسفل بأنبوبة أفقية وتقفل
فوهتا الأنبوبتين الرأسييتين من أسفل
بسداتين محكمتين يخترقهما سلك موصل
ينتهى بقطعة من البلاتين أو الكربون
بالقرب من قاع كل أنبوبة منهما كما انهما
يقفلان من أعلى بواسطة صنبورين
يمكن فتحهما وقفلهما عند الحاجة

ويتصل بالأنبوبة الأفقية عند وسطها أنبوبة رأسية ثالثة
أكبر من الأنبوبتين الرأسييتين الأخرين وتنتهى هذه الأنبوبة
بحوض متسع من أعلى يسع مقدار كافياً من الماء المراد تحليله
ولاجراء عملية التحليل نملأ الأنبوبة الرأسية الوسطى بالماء
المضاف إليه قليل من حامض الكبريتيك الى ان يشغل هذا الماء
اغلب سعة الحوض الذي في أعلاها وتكون الحنفيتان اللتان في
أعلى الأنبوبتين الرأسييتين مفتوحتين فيخرج قليل من الماء منهما
لا انخفاض سطحهما عن سطح الماء في الحوض في الأنبوبة الوسطى
فنقفل الحنفيتين ونعلم اذ ذلك ان الماء يملأ الأنبوبتين الرأسييتين تماماً
بعد ذلك نصل أحد السلكين في أسفل الأنبوبتين الرأسييتين

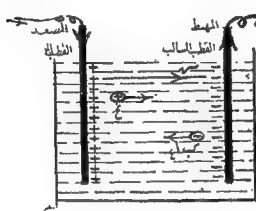
بالقطب الموجب لبطارية ونصل السلك الآخر بالقطب السالب لنفس البطارية فيسرى التيار الكهربائي من البطارية داخل الماء ونلاحظ انه في اعلى الانبوتين الرأسيتين قد تجمع غاز يزداد حجمه باستمرار مرور التيار

واذا اخترنا الغاز في كل من الانبوتين نجد أن بأحدهما غاز الايدروجين وبالاخرى غاز الاكسيجين كما اننا نجد ان التي بها الغاز الاول هي التي تتصل من اسفل بالقطب السالب للبطارية والتي بها غاز الاكسيجين هي التي تتصل بالقطب الموجب كما اننا نلاحظ ان حجم الغاز الاول يساوي ضعف حجم الغاز الثاني في الانبوبة

ويمكن بواسطة هذا الجهاز اجراء عمليات التحليل لسوائل اخرى مثل حامض الكلوريدريك وتكون نتيجة تحليل هذا الحمض هي غاز الايدروجين وغاز الكلورين وبما ان الاخير يؤثر في البلاتين فلذلك نستعمل الجهاز الذي به قطع الكربون كما ذكرنا سابقا ومن المحلولات الممكن اجراء مثل هذه التجربة عليها محلول كبريتات الصوديوم ومحلول كبريتات البوتاسيوم وفي هاتين الحالتين ينتج الاكسيجين والايدروجين كذلك يمكن اجراء ذلك لمحلول كبريتات النحاس وتكون نتيجة تحليل ذلك كما يأتي :

تجربة (٣٣) خذ اناء من الزجاج واملاه بمحلول كبريتات النحاس (نح ك ب ١) وضع به لوحين احدهما من النحاس

والآخر من الكربون مثلاً بحيث يكون لوح النحاس متصلاً
بالقطب الموجب لبطارية واللوح الكربون متصلاً بالقطب السالب
شكل (١٣٢) ثم صل التيار الكهربائي تلاحظ بعد قليل من



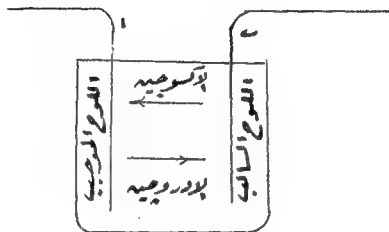
شكل (١٣٢)

الزمن ان طبقة حمراء
من النحاس قد تراكت
على سطح لوح الكربون
ولفهم كيفية حدوث
ذلك وما تقدم في
التجارب السابقة نذكر
هنا نظرية التحليل

بند (٨٣) نظرية التحليل

نعلم ان جميع المركبات الكيميائية هي نتيجة اتحاد عناصر
مختلفة وذرات هذه العناصر بعضها مشحونا بالكهربائية الموجبة
والآخر بالكهربائية السالبة

فمثلاً الماء يتركب من عنصرين هما الاكسجين والهيدروجين
وذرات الاكسجين الخالصة تكون مشحونة بالكهربائية السالبة
وذرات الهيدروجين بالكهربائية الموجبة لذلك عندما نصل
قطبي البطارية بلوحي موضوعين في هذا الماء (المضاف اليه
حامض الكبريتيك) يكون احد اللوحي مشحونا بالكهربائية



شكل (١٣٣)

الموجبة لاتصله بالقطب الموجب والاخر مشحونا بالكهربائية السالبة لاتصله بالقطب السالب فينتج نحو اللوح الاول (الموجب) ذرات العنصر السالب بقوة التجاذب بينهما ونعلم ان هذا العنصر هو الاكسجين وكذلك ينتج نحو اللوح السالب ذرات العنصر الثاني الموجب وهذا هو الايدروجين شكل (١٣٣)

وتكون النتيجة اذن تكون الاكسجين عند اللوح الموجب والايدروجين عند اللوح السالب

وليلاحظ الطالب هنا ان عملية التحليل هذه هي نتيجة مرور التيار الكهربائي في السائل بعكس ما ذكرناه في العمود البسيط وهو ان التفاعل الكيماوي سبب حدوث التيار في الحالة التي نحن بصدددها الآن عملية التحليل تستعمل الطاقة الكهربائية لتحليل الاجسام

المركبة التي اذا سمح لها بالانحداد الكيماوى ثانيا احدثت نفس الطاقة التي صرفت في تحليلها

اما في العمود البسيط فاننا نصرف الطاقة الكيماوية للحصول على طاقة كهربائية اى للحصول على تيار كهربائى

وفي حالة تحليل كبريتات النحاس المكون من جزئين احدهما النحاس والثانى (كب ا) فالأول يتجه نحو القطب السالب ويغطيه بطبقة منه كما قدمنا في التجربة (٣٣) والجزء الباقي يتجه نحو القطب الموجب الذي قلنا انه مصنوع من النحاس فيتحد معه ليكون كبريتات النحاس مرة أخرى ولهذا يبقى المحلول بلون وتركيز ثابت وغاية الأمر ان الطبقة النحاسية المكونة على الكربون المتصل بالقطب السالب تكون بقدر ما يفقد من النحاس المكون للوح الموجب

وعلى العموم يمكننا وضع القاعدة الآتية : —
عند تحليل اى محلول موصل يترأكم الغاز او الايدروجين على اللوح السالب

بند (٨٤) الأسماء التي تستعمل في التحليل

المهبط : — يطلق هذا الاسم على اللوح الذي يخرج منه التيار
أى اللوح الموصل للقطب السالب للينبوع

المصعد : — يطلق على اللوح الذي يدخل به التيار في السائل
أى اللوح الموصل للقطب الموجب للينبوع

السائل المتحلل : — هو السائل المركب الجيد التوصيل الذي يمر التيار الكهربائي بداخله من المصعد الى المهبط فيتحول جزء من الشغل المنصرف الى حرارة والجزء الآخر الباقي في تحليل السائل تحليلًا كيميائياً وبهذا تنفصل جزئيات السائل
إناء التحليل : — هو إناء يوضع به المحلول وينغمس فيه المصعد والمهبط ويصنع اما من الزجاج او الخشب
الأقطاب : — المهبط والمصعد المنغمسان في السائل المتحلل يكونان قطبي الفولتامتر المخصص للتحليل ويتوقف نوع مادة هذين القطبين في الأحوال العملية على نوع المحلول
فقد يكونان من الفضة أو النحاس أو الرصاص أو القصدير أو غير ذلك

بند (٨٥) قوانين التحليل

وضع فراداي القانونين الآتيين للتحليل : —

(القانون الأول) — مقدار الوزن الذي يتحلل في زمن ما يتناسب تناسباً طردياً مع مقدار كمية الكهرباء التي تمر في هذا الزمن

$$\begin{aligned} \text{نقروض أن } & \text{و} = \text{الوزن المتحلل بالجرام} \\ & \text{ك} = \text{كمية الكهرباء} \\ \text{ينتج أن } & \text{و} \propto \text{ك} \end{aligned}$$

ولكن كمية الكهرباء $Q = I \times t$
 بفرض ان $t =$ شدة التيار I الزمن
 $\therefore Q = I \times t$

او بعبارة اخري

$$Q = I \times t \times Z$$

بفرض ان Z مقدار ثابت

ولايجاد مقدار هذا الثابت نفرض أن التيار = الوحدة
 وان $Q =$ ثانيه واحدة أي أن كمية الكهرباء التي احدثت
 التحليل هي الوحدة أي الكولومب
 $\therefore Q = I \times t \times Z$

$$\therefore Q = Z$$

نرى من ذلك اذن ان Z هي الوزن الذي يتحلل بوحدة
 كمية الكهرباء

يسمى هذا المقدار (Z) المكافئ الكيميائي الكهربائي
 تعريف — المكافئ الكيميائي الكهربائي لأي مادة هو المقدار
 الذي يتحلل من هذه المادة بواسطة التيار الكهربائي اذا كان مقدار
 الكمية المستعملة في التحليل هي (الكولومب)

هذا المقدار (Z) يتغير بتغير نوع العنصر المتحلل ومن هذا نستنتج
 (القانون الثاني) : اذا مر تيار كهربائي واحد في عدة محلولات
 لزم واحد فان مقدار ما يتحلل منها يتناسب مع مقدار
 (الوزن المكافئ) لكل منها

فاذا فرض مثلا ان تيارا كهربائيا يمر في ثلاثة أوان بأحدها الماء وبالثاني كبريتات النحاس وبالثالث حامض الكلور يدريك مثلا نجد انه اذا تحلل جرام واحد من الايدروجين في الاول تحلل ٣١٥ جرام من النحاس في الثاني وتحلل ٣٥١٨ جرام من الكلور في الثالث

لهذا تكون النسبة بين الوزن المكافى للعناصر الثلاثة المذكورة هي نسبة الأعداد ١ : ٣١٥ : ٣٥١٨ ولهذا اذا عرف مقدار احدها امكن ايجاد المقادير الاخرى

والجدول الآتى يعطى هذه المقادير لبعض العناصر المستعملة كثيرا في التحليل

العنصر	المكافئ الكيماوية الكهربائية جرام لكل كولومب	مليجرام لكل أمبير ثانية	جرام لكل أمبير ساعة	باوند لكل أمبير ساعة	أمبير - ساعة لكل باوند
الموجة التكهرب					
الايديروجين (يد)	٠٠٠٠١٠٣٨٤	٠١٠٥	٠٠٣٧٥	٠٠٠٠٠٨٣	١٢٠٠٠
الصوديوم (ص)	٠٠٠٠٢٣٨٨	٢٣٨٤	٨٥٨	٠٠٠١٩	٥٢٩
الفضة (ف)	٠٠٠١١١٨	١١٨٣	٤٠٣	٠٠٠٨٩	١١٣
النحاس (نح)					
نحاسيك	٠٠٠٠٣٢٨١	٣٢٩٥	١٠١٩	٠٠٠٢٦	٣٨٣
نحاسوز	٠٠٠٠٦٥٦٢	٦٥٨٩	٢٣٧	٠٠٠٥٢	١٩١
الزئبق (ز)					
زئبقيك	٠٠٠١٠٣٧٤	١٠٣٩	٣٧٣	٠٠٠٨٢	١٢٢
زئبقوز	٠٠٠٢٠٧٨٤	٢٠٧٩	٧٤٨	٠٠١٦٤	٦١
حديد (ح)					
حديدوز	٠٠٠٠٢٩٠٢	٢٨٩٤	١٠٤	٠٠٠٢٣	٤٣٥
حديدك	٠٠٠٠١٩٣٥	١٩٣	٠٦٩٥	٠٠٠١٥٤	٦٥٠
النيكل (ني)	٠٠٠٠٣٠٤٣	٣٠٤١	١٠١	٠٠٠٢٤	٤١٥
الخارصين (خ)	٠٠٠٠٣٣٦٩	٣٣٨٨	١٢٢	٠٠٠٢٧	٣٧٢
الرصاص (ر)	٠٠٠٠١٠٦١٦	١٠٧٤	٣٨٦	٠٠٠٨٥	١١٨
السالبة التكهرب					
الاووكسجين (ا)	٠٠٠٠٠٨٢٩	٠٨٢٩	٠٢٩٨	٠٠٠٠٦٦	١٥٠٠
الكلور (كل)	٠٠٠٠٣٦٧	٣٦٧٦	١٣٢	٠٠٠٢٩	٣٤٣
النيتروجين (ن)	٠٠٠٠٠٤٨٤				
اليود	٠٠٠١٣١٤				

بند (٨٦) بعض تعاريف ومبادئ أولية

الذرة : — هي عبارة عن أقل كمية للعنصر يمكن أن تتجمع
العناصر الأخرى
الجزئي : — هو عبارة عن أقل كمية للمادة يمكن وجودها
منفصلة

الوزن الذري : — لأي عنصر عبارة عن نسبة وزن الذرة
منه إلى وزن الذرة من الأيدروجين التي اعتبرت وحدة

المكافئ الذري : — لأي معدن هو عبارة عن ذرات
الأيدروجين التي يمكن أن يحل محلها في جسم مركب ذرة واحدة
من المعدن

الوزن المكافئ : — لأي عنصر عبارة عن النسبة بين الوزن
الذري والمكافئ الذري

$$\therefore \text{الوزن المكافئ} = \frac{\text{الوزن الذري}}{\text{المكافئ الذري}}$$

بند (٨٧) القوة الدافعة الكهربائية المضادة

نأخذ أبسط الأمثلة للتحويل وهو تحليل الماء بواسطة التيار
الكهربائي . قلنا إنه إذا كان اللوح أ هو الموجب شكل (١٣٣)
و ب هو السالب لتحلل الماء إلى أكسجين يتجه إلى اللوح أ وإلى
أيدروجين يتجه إلى ب وبعد قليل من الزمن نرى أن هذين

الغازين قد غطيا هذين اللوحين بالترتيب المذكور ويصعدان من خلال السائل
وبدئى أن الأ كسجين عليه شحنة سالبة لاتجاهه نحو
اللو ح الموجب

كما ان الايدروجين عليه شحنة موجبة لاتجاهه نحو اللوح السالب
وعند تغطية اللوحين بهذين الغازين تتكون قوة دافعة
كهربائية من ذرات الايدروجين الى الاكسجين فى خلال السائل
حسب القاعدة العامة لسريان التيار الكهربائى

وهذه القوة الدافعة بين الاكسجين والايدروجين تقدر
بنحو (١) فولت وليس من الضروري ان تغطى الألواح بطبقة
من الغازين قبل وجود هذه القوة الدافعة بل يكفى تحليل جزئ
واحد من الماء الى أ كسجين وأيدروجين لتوجد هذه القوة الدافعة

وبما أنه ظاهر من الشكل ان هذه القوة الدافعة التى تنشأ من
التحليل تسري من اللوح السالب الى اللوح الموجب داخل السائل
إذن تكون مضادة لاتجاه القوة الدافعة الاصلية المسببة للتحليل
وتكون النتيجة أنه لا يمكن تحليل الماء بجهد اقل من فولت
واحد

هذا المقدار هو ما نسميه القوة الدافعة المضادة فى التحليل

تعريف : — القوة الدافعة المضادة فى التحليل هى فرق الجهد
الذى يوجد بين جزئيات الجسم أثناء تحليله بالتيار الكهربائى
وتؤثر فى اتجاه مضاد لفرق الجهد المسبب للتحليل

ستأتى حالات أخرى فيها قوة دافعة مضادة أخرى سنذكرها
عند الكلام عن المحركات الكهربائية

وليس من الضروري أن توجد هذه القوة الدافعة المضادة
في جميع أحوال التحليل فمثلا عند تحليل كبريتات النحاس يتراكم
النحاس على اللوح المستعمل قطبا سالبا في الجهاز والجزء الآخر
(ك ب ١) يبقى في السائل ويجعل المحلول أقل تركيزا مما كان
قبل التحليل إذا كان اللوح المستعمل قطبا موجبا ليس من
معدن النحاس

ولهذا يتحلل كبريتات النحاس بأي جهد مهما صغر مقداره
وغاية الأمر أنه إذا قل الجهد قل التيار لأن المقاومة ثابتة تقريبا
وإذن تكون نتيجة ذلك ببطء عملية التحليل نفسها ولكن لا تقف
مطلقا

بند (٨٨) الطلاء بالتيار الكهربائي (النكلشة)

تتأسس عملية الطلاء على نظرية التحليل بالتيار الكهربائي فانه
عند ما يمر تيار كهربائي في محلول معدني فانه يحلل هذا المحلول الى
عناصره ويرسب معدنه على اللوح السالب
لذلك ترى أن جميع الاواني أو القطع المعدنية المراد نكلشتها
أى تغطيتها بطبقة من معدن آخر أرقى من معدنها توضع كقطب
سالب في إناء التحليل

وقبل إجراء عملية النكلشة يجب أن يجري عليها العمليات
الآتية : —

(اولا) — عملية التنظيف

تنظف الأوعية المراد طلاؤها بالاحجار الدائرية المتحركة من محور رئيسي والمصنوعة من الرمل تحت تأثير ضغط ليمحي الأجزاء الصغيرة الخارجة عن المعدن المسماة بالرايش ثم بعد ذلك تنظف وتنعم بالسنفرة والفرش السلكية

فاذا كانت هذه الأواني مصنوعة من معدن الحديد فانها تنظف كيمياويا بغمسها مدة من الزمن في محلول حامض الكبريتيك المخفف بنسبة ٣ ٪ وبعد ذلك تنظف وتلمع بالسنفرة والفرش السلكية

والطلاء بالنيكل يجب مرور الأوعية في محلول مكون من ٣ أوقيات من سيانور البوتاسيوم لكل جالون ماء وبعد ذلك توضع في محلول حامض الكبريتيك او حامض النتريك المخفف بنسبة ٥ ٪ وكثيرا ما تستعمل لسرعة العمل ومتانة الشغل وتحسين رونقه طريقة اعطاء الأوعية غشاء رقيقا من الزئبق خصوصا في الطلاء بالفضة وذلك بغمسها في محلول محتو على أوقية من كلورور الزئبق لكل جالون ماء

(ثانيا) — عملية لإزالة المواد الدهنية

بعد اجراء عملية التنظيف الأولى تغلى الاوعية في محلول قلوى قوى مثل البوتاسا الكاوية أو ماء الجير لأزالة المواد الدهنية والبقع التي قد تكون عالقة بها

وتغسل اخيرا بالماء الجاري البارد جيدا لآزالة القلويات

بند (٨٩) محاليل المعادن المراد نكلشتها

الاولى المراد نكلشتها توضع في اثناء التحليل كقطب سالب والمحلول يجب ان يكون مكونا من محلول المعدن المراد النكلشة به كذلك يجب ان يكون القطب الموجب مصنوعا من معدن المحلول أى من المعدن المراد النكلشة به

محلول الفضة :- يحتوى المحلول على سيانور الفضة مذابا في سيانور البوتاسيوم ويكون تجهيزه كىماو يا بطريقة أفضل بأضافة سيانور البوتاسيوم على نترات الفضة حتى يبطل هبوط الراسب ويؤخذ الراسب ويذاب في كثير من سيانور البوتاسيوم ويخفف بالماء حتى يحتوى المحلول على أوقيتين من الفضة لكل جالون

ويلاحظ عند طلاء الصلب أو الحديد بالفضة انه يجب أولا تغطيتها بطبقة رفيعة من النحاس الأحمر وللحصول على طبقة لامعة جيدة نغمسها في محلول ضعيف من نترات الزئبق

محلول الذهب :- يحتوى المحلول على سيانور الذهب وسيانور البوتاسيوم ويجب ان تكون درجة حرارة المحلول ثابتة وتكون حوالى ١٥٠°ف

محلول النحاس :- يتركب المحلول من ٥٠٠ جرام كبريتات نحاس ٥٠٠ جرام حامض كبريتيك ٥٠٠ لتر ماء وهذه أضبط النسب

محلول النيكل :- المحلول المستعمل هو كلورور النيكل النوشادري ويمكن الحصول على سطح لامع بأضافة جلاتين للمحلول ولطلاء معدن الحديد بالنيكل يستعمل المحلول المركب من ٤٠ جزءا من كبريتات النيكل النوشادري ٩ ٦ اجزاء كبريتات النوشادر الى ١٠٠٠ جزء ماء ولو انه يمكن استعمال نسب اخرى الا ان النسب المذكورة هي الاضبط

ملحوظة :- يمكن نكلشة المواد العازلة كالتايل الجسية أو الخشبية وذلك بتغطيتها بطبقة من الورنيش وفوقها طبقة من الجرافيت ليصير سطحها موصلا للكهربائية ثم تجري عليها عملية النكلشة المطلوبة

والجدول الآتي يبين التيارات المناسبة لتغطية المعادن المختلفة وهو يفيد جدا في الأحوال العملية حتى يستعمل التيار القانوني تبعا لاختلاف سطحه ونوع مادته ويبين كذلك الضغط اللازم استعماله في كل حالة

العناصر	أمير لكل ديستر مربع من سطح المبط	أمير لكل بوصة مربعة من سطح المبط	القولت المستعمل
نيكل	من ١٤ إلى ١٥	من ٠٩ إلى ١٠	٥
نحاس أصفر	» ٠٨ » ٠٥	» ٠٣ » ٠٥	من ٣ ز. إلى ٤
الذهب	٠١	٠٠٦	» ٠٥ » ٤
خارصين	» ٠٣ » ٠٦	» ٠٢ » ٠٤	» ٢ » ٣
نحاس أحمر	» ١ » ١٥	» ٠٦ » ٠١	» ٥ » ١٥
الفضة	» ٠٢ » ٠٥	» ٠١ » ٠٣	» ٧ » ١
حديد	٠٥	» ٠٣	١

امثلة تطبيقية

(١) ما وزن الفضة المتحللة في مدة ١٥ دقيقة من مرور تيار شدته ١٥ أمپر

الحل

الوزن بالجرام = المكافئ الكيماوي الكهربائي \times شدة التيار \times زمن المرور بالثواني

$$= ٠.١١١٨ \times ١٥ \times ١٥ \times ٦٠$$

$$= ١٥١ \text{ جرام}$$

(٢) ما شدة التيار اللازمة لتحليل ٩٦ جرام من النحاس مدة ٣ ساعات

الوزن بالجرام
شدة التيار = $\frac{\text{المكافئ الكيماوي الكهربائي} \times \text{زمن المرور بالثانية}}{\text{الوزن بالجرام}}$

$$٢٧ \text{ أمبير} = \frac{٩٦}{(٦٠ \times ٦٠ \times ٣) \times ٠.٠٠٣٢٨١} =$$

(٣) ما هو الزمن اللازم لرسوب ١٥ جراما من الفضة
بواسطة تيار شدته ٢ أمبير

$$\frac{١٥}{٠.٠٢٢٢٤} = \frac{١٥}{٢ \times ٠.٠١١١٨} = \text{الزمن اللازم}$$

$$= ٦٧٣.٠ \text{ ثانية}$$

$$= \frac{٦٧٣.٠}{٦٠} = ١١٢ \frac{١}{٣} \text{ دقيقة}$$

$$= \frac{٦٧٣}{٣٦٠} = \frac{٦٧٣}{٦٠ \times ٦} = ١٨٧ \frac{١}{٦} \text{ ساعة}$$

$$= ١ \text{ ساعة } ٩ \text{ دقيقة } ٥٢ \text{ ثانية}$$



الباب الرابع

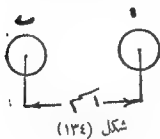
الوحدات الكهربائية وقانونه أولهم

الوحدات المستعملة في الكهرباء

بند (٩٠) - نعلم من دروس الكهرباء الاستاتيكية ان الكهرباء نوعان موجبة وسالبة وأن النعین المتحدین يتنافران والمتضادين يتجاذبان

وتتعلق قوة الجذب بين الجسمين المتكهربين بمقدار الشحنة على كل منهما والمسافة بينهما وتقدر وحدة الشحنات الكهربائية بأنها هي كمية الكهرباء التي لو وضعت على مسافة سنتيمتر واحد من شحنة تساويها كان مقدار القوة بينهما تساوى وحدة القوات العلية أي تساوي الداين والداين $= \frac{1}{981}$ من وزن الجرام فمثلا

إذا فرض أن كلامن ١ و ٢ شكل (١٣٤) كرتان صغيرتان مشحوتتان بالكهربائية بكميتين متساويتين وأنهما يبعدان احدهما عن الاخرى مسافة



سنقيتر واحد وفرضنا أننا قسنا مقدار القوة بينهما جذبا أو تنافرا فوجدنا أن مقدار هذه القوة هي الدان قلنا أن كمية الكهرباء الموجودة على كل منهما هي وحدة الكميات

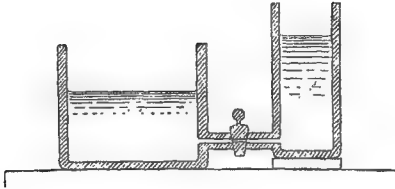
هذه هي وحدة الكهرباء الاستاتيكية وليس لها اسم خاص وهناك وحدة أخرى علمية أيضا في الكهرباء الديناميكية ومقدارها يعادل 3×10^9 مرات من مقدار الوحدة الاستاتيكية وليس لهذه الوحدة أيضا اسم خاص بها

وأخيرا هناك وحدة ثالثة لكمية الكهرباء وهي الوحدة العملية وتسمى الكولومب وتساوي $\frac{1}{10}$ من الوحدة الديناميكية او 3×10^9 مرات الوحدة الاستاتيكية

بند (٩١) كمية الكهرباء تماثل كمية الماء وتماثل كمية الحرارة (١)

ومن هذا التماثل يمكننا أن نستنتج وحدات أخرى داخلة في علم الكهرباء فمثلا إذا وضعت كميّتان من الماء في إناءين وكان ارتفاع الماء فيهما مختلفا ثم وصل الإناءان يتحول الماء من الإناء الذي سطحه أعلى إلى الإناء الآخر أنظر شكل (١٣٥)

(١) ليست كمية الحرارة ماثلة تماما لكمية الكهرباء لأن كمية الحرارة تقاس عن كمية من الطاقة أما الطاقة في الكهرباء فهي حاصل ضرب كمية الكهرباء في القوة الدافعة وهنا هو نفس الخطأ الذي وقع فيه العالم الفرنسي الشهير (كارفوت) حينما كتب أولا عن دوائر الآلات الحرارية ولو أنه لاحظ ذلك في آخر أيامه



شكل (١٣٥)

بقطع النظر عن مقدار كمية الماء في كل منهما وكذلك اذا التصق جسمان أحدهما بالآخر وكان أحدهما مختلفا عن الآخر في درجة الحرارة سرت الحرارة من الجسم الأعلى كثيرا ارتفاعا في الدرجة الى الآخر

كذلك في الاجسام المتكهربة اذا وصل احدهما بالآخر بواسطة جسم يوصل الكهرباء سرت الكهربائية من أحدهما الى الآخر تبعاً لما نسميه الجهد في كل منهما فالذي تسرى منه الكهربائية يكون جهده أكبر والذي تسرى اليه الكهربائية يكون جهده أقل

فالجهد الكهربائي اذن حالة في الجسم المتكهرب تبين اي الجسمين تسرى الكهربائية منه الى الآخر اذا اتصل أحدهما



شكل (١٣٦)

بالآخر. نفرض مثلاً أننا شحننا كرة صغيرة (١) شكل (١٣٦) بمقدار من الكهرباء وأخرى (ب) بمقدار آخر

من الكهربائية ثم وصلناهما بسلك من النحاس أو أى جسم موصل للكهربائية فإذا وجدنا عند التوصيل ان الكهربائية سرت من (١) الى (ب) قلنا ان (١) أكبر جهدا من (ب) كما فى حالة الماء والحرارة

وليس هناك علاقة بين الجهد والكمية أى ان الجسم الذى جهده أكبر قد تكون كمية الكهرباء عليه اقل أو العكس

بند (٩٢) التيار الكهربائى :-

تعرف شدة التيار الكهربائى الذى يمر فى سلك من النحاس أو أى جسم موصل بمقدار كمية الكهرباء التى تمر فى كل ثانية أو بعبارة أخرى مقدار شدة التيار أو كما يقال غالبا مقدار التيار هو خارج قسمة الكمية على الزمن

وتسمى الوحدة العملية للتيار (الأمبير) وهى شدة التيار الذى ينشأ من مرور كمية من الكهرباء قدرها كولومب واحد فى كل ثانية وبالرموز اذا فرضنا ان ش كمية الكهرباء فى الزمن t و

$$\frac{Q}{t} = \text{شدة التيار ينتج ان ت}$$

ووحدة التيار العملية فى الكهرباء الديناميكية = ١٠ أمبير

بند (٩٣)

لتقدير الجهد وتعريف وحدته تعريفا صحيحا نحتاج الى الشرح الآتى :-

في علم الميكانيكا الابتدائية نعلم ان الشغل هو حاصل ضرب القوة في المسافة فاذا أثرت قوة قدرها (ق) من وحدات القوة (داينات) مسافة قدرها (س) من وحدات المسافة (سنتيمترات) كان مقدار الشغل الذي يعمل مساويا $ق \times س$ من وحدات الشغل اي يساوى $ق \times س$ (أرجا)

فاذا فرضنا ان (١) جسم متكهرب مشحون بكمية من الكهرباء



شكل (١٣٧)

قدرها (ك) شكل (١٣٧) ثم اردنا

ان نجعل الشحنة التي عليه ك + ١

من وحدات الشحنات او بعبارة

أخرى اذا أردنا ان نزيد شحنته

بمقدار وحدة الشحنات فأنتا نضطر لعمل شغل لان أحضار هذه الوحدة من وحدات الكمية اليه يجعلنا نعمل شغلا ضد قوة التنافر لوجود شحنة عليه تنفر وحدة الشحنات التي يريد اضافتها له ومقدار ما يعمل من الشغل في أحضار وحدة الشحنات هذه هو ما نسميه جهد هذا الجسم

فاذا كان مقدار الشغل الذي يعمل يساوى (م) أرجا فأن جهد

هذا الجسم (١) هو م من وحدات الجهد

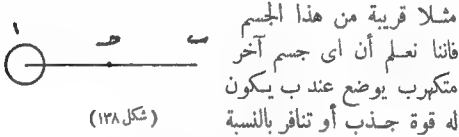
وبالاختصار يمكننا ان نعرف جهد الجسم المتكهرب أنه

مساو لمقدار الشغل بالارجات الذي يعمل في أحضار وحدة

كميات الكهرباء من مسافة لانهاية لها الى ان نصل الى هذا الجس

والسبب في أننا نقيس الشغل ابتداءً من مسافة لانهاية لها في البعد هو أننا نريد أن نبتدىء من نقطة لا يكون فيها أى تأثير من حيث القوة على وحدات الشحنات التي نريد استحصارها لأن الفرض النظرى أن قوة التنافر تكون صفراً فقط عند ما تكون المسافة لانهاية في البعد

(بند ٩٤) وليس الجهد خاصاً بالجسم المتكهرب نفسه بل هو حالة توجد في جميع النقط في مجال هذا الجسم فمثلاً إذا فرضنا أن جسماً متكهرباً مثل (١) شكل (١٣٨) وهناك نقطة مثل (ب)



لوجود الجسم (١) وكذلك عند أي نقطة أخرى ح والنقط ب و ج وغيرها من النقط التي يظهر فيها تأثير كهربائية (١) تسمى نقاطاً في مجال الجسم (١)

فالجسم المتكهرب مثل (١) له مجال كهربائى يسمى في هذه الحالة المجال الكهربائى الاستاتيكي وهذا المجال هو المنطقة التي يظهر فيها تأثير الكهرباء التي على (١)

ومن الواضح أيضاً أنه إذا كانت (ح) أقرب إلى الجسم (١) من النقطة (ب) فإن قوة التأثير عند (ح) تكون أكبر منها عند (ب)

ولذلك اذا فرضنا ان وحدة الشحنات احضرت من مسافة
لا نهائية الى (ب) فان مقدار الشغل الذي يعمل في احضارها
يكون أقل مما لو احضرت الى (هـ) وأقل أيضا مما لو احضرت
الى (٢) أذن مقدار الجهد عند سطح الجسم المتكهرب هو أكبر
مقدار للجهد في مجال هذا الجسم ويقل هذا الجهد تدريجيا عند ما
نبعد عن هذا الجسم

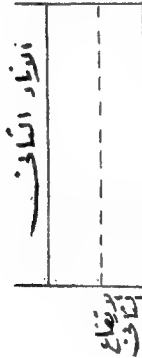
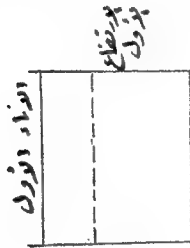
لذلك اذا رمزنا بالحرف ϕ للجهد عند ب وبالحرف ϕ'
للجهد عند هـ كان $\phi > \phi'$ ويسمى المقدار $\phi - \phi'$ فرق
الجهد بين النقطتين ب و هـ

بند (٩٥) وحدة الجهد أو فرق الجهد : — يكون جهد
الجسم هو الوحدة اذا كان مقدار الشغل الذي يعمل على وحدة
الكهربائية اذا احضرت من مسافة لا نهائية في البعد الى هذا
الجسم هو وحدة الشغل أي يساوى أرجا كذلك يكون فرق الجهد
بين نقطتين أ و ب هو الوحدة اذا كان مقدار الشغل الذي يعمل
في نقل وحدة الكهرباء من إحداها الى الاخرى يساوي
أرجا واحدا

والوحدة العملية للجهد هي الفولت

و مقدار الفولت = $\frac{1}{300}$ من الوحدة الاستاتيكية
وهناك وحدة أخرى للكهرباء الديناميكية أو الالكتر ومغناطيسية

مقدارها = $\frac{1}{10 \times 3}$ من الوحدة الاستاتيكية = $\frac{1}{30}$ من الفولت
 بند (٩٦) السعة الكهربائية: — قلنا في بند (٩١) إن كمية
 الكهرباء تشابه كمية الماء أو كمية الحرارة وأن الجهد يشابه ارتفاع
 سطح الماء أو درجة الحرارة



شكل (١٣٩)

عند تساوى كتلي الماء في الاناءين ونفرض أن ارتفاع الماء في الاناء الاول أقل من ارتفاعه في الثاني
 يكون سعة الاول أقل من سعة الثاني

فلنفرض أننا وضعنا كمية من الماء في أناء معلوم فوصل الماء فيه الى ارتفاع معلوم أيضا ثم بعد ذلك أخذنا كمية الماء نفسها فوضعناها في أناء آخر ووجدنا أن ارتفاع سطح الماء في هذا الاناء الثاني أقل من ارتفاع سطحه في الاناء الاول فنقول إن سعة الاناء الثاني أكبر من سعة الاناء الاول أنظر شكل (١٣٩) وبالطريقة نفسها اذا اعطينا كمية واحدة من الحرارة لجسمين مختلفين ووجدنا ان الاول أرتفعت درجة حرارته أكبر من الثاني كانت سعة الثاني الحرارية أكبر من سعة الاول

كذلك في الكهرباء اذا شحنا جسمين بكميتين متساويتين من الكهرباء ووجدنا ان جهديهما مختلفان استنتجنا ان الذي يرتفع جهده أكثر تكون سعته الكهربائية أقل

وكذلك اذا شحنا جسمين بكميتين من الكهرباء لنجعل جهديهما متساويين فما كان يلزمه شحنة أكبر كانت سعته أكبر وبالعكس

ومن هذا نرى ان السعة الكهربائية تتناسب طرديا مع كمية الكهرباء وعكسيا مع مقدار زيادة الجهد الذي يبلغها هذا الجسم لهذه الشحنة

من ذلك نستنتج القانون الآتي : $s \propto \frac{q}{V}$

أي ان السعة تتناسب مع خارج قسمة الشحنة على الجهد

$$\text{أوس} = 1 \times \frac{\text{ش}}{\text{هـ}} \text{ بفرض ان } 1 \text{ مقدار ثابت}$$

ولكن اذا انتخبنا وحدة السعات أنها هي السعة للجسم الذي
لو شحن بوحدة كمية الكهرباء زاد جهده بمقدار وحدة الجهد نتج ان

$$1 = 1 \times 1 \text{ واذن } 1 = 1$$

$$\therefore \frac{\text{ش}}{\text{هـ}} = \text{س}$$

أو بعبارة بسيطة ان السعة تساوي خارج قسمة الشحنة على الجهد
ويمكن وضع هذا على شكلين آخرين هما

$$\frac{\text{ش}}{\text{س}} = \text{أوس} \quad \text{أو} \quad \text{هـ} = \text{س} \times \text{ش}$$

من هذا نستنتج تعريف وحدة السعة الكهربائية أنها هي سعة
الجسم الذي اذا شحن بوحدة كمية الكهرباء زاد جهده بمقدار
وحدة الجهد

والوحدة الاستاتيكية هي سعة الجسم الذي اذا شحن بوحدة
كمية الكهرباء الاستاتيكية زاد جهده بمقدار وحدة الجهد
الاستاتيكية وليس لهذه الوحدة اسم خاص

كذلك وحدة السعة للكهرباء الديناميكية أو الالكتر ومغناطيسية
هى سعة الجسم الذى اذا شحن بوحدة كمية الكهرباء الديناميكية
زاد جهده بمقدار وحدة الجهد الديناميكية وليس لهذه الوحدة
اسم خاص بها

اما الوحدة العملية للسعة فهى الفاراد نسبة الى العالم الشهير
(فاراداي) وهى سعة الجسم الذى اذا شحن بوحدة الشحنات العملية
(الكولومب) زاد جهده بوحدة الجهد العملية (الفولت)
وهذه الوحدة العملية كبيرة جدا فيستعمل غالبا بدلا منها
المكروفاراد اى $\frac{1}{1000000}$ من الفاراد

كما تقدم نلاحظ ان السعة الكهربائية لها علاقة بأبعاد
الجسم ويمكن البرهنة على ان سعة البكرة مثلا فى الكهرباء
الاستاتيكية تقدر بمقدار نصف قطر هذه البكرة

بند (٩٧) العلاقة بين الوحدات المختلفة للسعة : — يمكن

استنباط ذلك من العلاقات السابقة الذكر فى وحدات الشحنات
ووحدات الجهد لأن السعة خارج قسمة الشحنة على الجهد
ولذلك نقول

$$\text{وحدة الشحنات الاستاتيكية} = \frac{1}{1010 \times 3} \text{ من وحدة}$$

الشحنات الالكتر ومغناطيسية

$$\text{وحدة الجهد الالكتر وستاتيكى} = 1010 \times 3 \text{ من وحدة}$$

الجهد الالكتر ومغناطيسية

وحدة السعة الاستاتيكية = $\frac{1}{9 \times 10^{10}}$ من وحدة السعة

الالكتر ومغناطيسية

اي أن وحدة السعة الالكتر ومغناطيسية = 9×10^{10}
من وحدة السعة في الكهرباء الاستاتيكية لذلك يتبع ان
الفاراد = $\frac{1}{910}$ من وحدة السعة الالكتر ومغناطيسية

= 9×110^{10} من وحدة السعة الالكتر وستاتيكية

وسعة الكرة الارضية بأجمعها باعتبار أنها جسم موصل
للكهربائية على شكل كرة نصف قطرها ٧٩٠٠ ميل تقريبا لا
يساوي (١) فاراد ومن هذا نعلم سبب استعمال الميكرو فاراد
وحدة عملية بدلا من الفاراد

بند (٩٨) المقاومة — هي خاصية في الاجسام التي توصل

الكهرباء تجعل هذه الاجسام تعوق سير التيار فيها واحسن الاجسام
توصيلا للكهرباء له خاصية المقاومة هذه لمرور التيار ولو ان
مقدارها صغير جدا

هذه الخاصية في الكهرباء تماثل قوة الاحتكاك في الميكانيكا
فمثلا اذا تحرك جسم على آخر فإنه لا بد من وجود قوة احتكاك
بينهما مهما كانت حالة سطحي الجسمين من حيث الاستواء والنعومة
ومهما وضع بين هذين السطحين من مواد تسهل الحركة مثل
التزييت او خلافه غير ان مقدار هذه القوة (قوة الاحتكاك)

تتغير حسب هذه العوامل المذكورة وغيرها (راجع قوانين الاحتكاك في الميكانيكا)

وكذلك اذا نقل الماء مثلاً بواسطة أنابيب فإن هناك احتكاكاً يجعل ضغط الماء يقل بعد مروره من هذه الأنابيب كذلك اذا فرضنا ان U و V نقطتان شكل (١٤٠) فرق الجهد بينهما $= M$ واتصلتا بسلك يوصل الكهرباء A و B

فإن التيار يسري من A الى B (شكل ١٤٠)
اذا كان جهد A هو الأعلى ولكن مقدار التيار يتغير بتغير السلك مع بقاء فرق الجهد ثابتاً بين U و V ويتعلق مقدار التيار الذي يمر في هذا السلك بمقدار مقاومة السلك

فاذا كان السلك موصلاً جيداً بأن كان من الفضة او النحاس كان مقدار التيار اكبر واما اذا كان من الحديد فان مقدار التيار يكون أقل واذن نستنتج ان مقاومة السلك تتعلق بنوع هذا السلك والجدول الآتي يبين الاجسام المختلفة مرتبة حسب قوتها في التوصيل بحيث ان أولها هو أقلها مقاومة وآخرها اكبرها مقاومة

جدول الاجسام الموصلة والاجسام العازلة

جيدة التوصيل	متوسطة التوصيل وعازلة للضغوط الصغيرة	ردئية التوصيل
(١) الفضة (طري)	(١) الكتان	(١) الزيوت
(٢) الفضة المسحوبة على البارد	(٢) القطن	(٢) الخزف
(٣) النحاس الاحمر	(٣) الخشب	(٣) الجلود الجافة
(٤) البرنز السليوم التفراف	(٤) الحجر	(٤) الصوف
(٥) الذهب	(٥) الرخام	(٥) الحرير
(٦) الاكروميوم	(٦) الورق	(٦) الشمع الاحمر
(٧) الزنك	(٧) العاج	(٧) الكبريت
(٨) البلاتين		(٨) القلفونية
(٩) الحديد		(٩) المطاط
(١٠) الصفيح		(١٠) شلاك
(١١) الرصاص		(١١) الفلكنيت
(١٢) النيكل		(١٢) الميكا
(١٣) الفضة الألمانية		(١٣) الزيت
(١٤) الفضة البلاتينية		(١٤) الكهرمان
(١٥) المانجنين		(١٥) شمع البرافين
(١٦) الزئبق		(١٦) الزجاج
(١٧) الفحم الكوك		(١٧) الهواء الجاف
(١٨) الفحم البلدى		
(١٩) الجرافيت		
(٢٠) الاحماض		
(٢١) الاملاح المعدنية		
(٢٢) الماء		

ومع ذلك فإن الأسلاك المختلفة المصنوعة من مادة واحدة كالنحاس مثلا تختلف مقاومتها بحسب أبعادها
فكلما زاد طول السلك زادت مقاومته وتناسب المقاومة
تناسبا طرديا مع هذا الطول

وبالعكس كلما زاد المقطع المستعرض او بعبارة أخرى مساحة
قطاع السلك قلت مقاومته وتناسب المقاومة تناسبا عكسيا مع
مقدار مساحة المقطع

وهذا يشابه سريان الماء في الانابيب فكلما زادت مساحة مقطع
الانبوبة زاد مقدار الماء المندفع فيها بضغط معلوم اى قلت قوة
الاحتكاك فيها واما اذا زاد طول الانبوبة قل مقدار الماء بزيادة
الاحتكاك هذا

فالثلاثة الاشياء التى يتعلق بها مقدار المقاومة هى

اولا — نوع السلك

ثانيا — طول السلك تناسبا طرديا

ثالثا — مساحة مقطع السلك تناسبا عكسيا

واذا رمزنا للمقاومة بالحرف m نرى اذن ان

$$m = \frac{l}{s} \times \rho$$

بفرض ان ρ مقدار ثابت للسلك الذى من نوع معلوم ويتغير

حسب نوع السلك و l طول السلك و s مساحة مقطعه

من هذا القانون يمكننا معرفة معنى النكمية ρ ولذلك نضع $\rho = 1$

و $s = 1$ أي نأخذ سلكا من مادة ما طوله $= 1$ سم . ومقطعه المستعرض $= 1$ سم^٢ فينتج أن $m = 1$ في هذه الحالة .
الكمية 1 هي المقاومة لهذا السلك الذي طوله وحدة الاطوال ومساحة مقطعه وحدة المساحات ولهذا تسمى 1 مقدار المقاومة النوعية

فالمقاومة النوعية لسلك ما تعرف بأنها مقاومة قطعة من هذا السلك طولها سنتيمتر واحد ومساحة مقطعها سنتيمتر مربع واحد ولهذا يكون مقدار مقاومة سلك معلوم من أي مادة عبارة عن حاصل ضرب مقاومته النوعية في طوله بالسنتيمتر مقسوما على مساحة مقطعه بالسنتيمتر المربع

بند (٩٩)

قلنا ان مقدار شدة التيار الذي يمر بين نقطتين 1 و 2 يتعلق بشيئين

اولا — مقدار فرق الجهد بين 1 و 2 ويتناسب تناسبا طرديا مع مقدار فرق الجهد هذا

ثانيا — مقدار مقاومة السلك الموصل من 1 الى 2 ويتناسب تناسبا عكسيا مع مقدار هذه المقاومة

$$I = \frac{E}{R}$$

وقد عرفنا كلاما من وحدة التيار ووحدة فرق الجهد لذلك يمكننا ان نبين الآن وحدة المقاومة فن القانون السابق اذا فرضنا ان

التيار = الوحدة وان فرق الجهد = الوحدة أيضا كان مقدار المقاومة هو الوحدة

ولذلك يكون مقدار مقاومة السلك هي وحدة المقاومات اذا كان فرق جهده الوحدة اى ثولت واحد يؤثر بين طرفيه فيمرر فيه تيار قدره الوحدة اى أمبير واحد

وتسمى وحدة المقاومة العملية هذه بالاوم نسبة الى العالم الالماني الشهير الذى وجد هذه العلاقة أولا

وفى الكهرباء الالكتر ومغناطيسية تكون وحدة المقاومات هي مقاومة السلك الذى اذا أثر بين طرفيه فرق جهد قدره الوحدة الالكتر ومغناطيسية أحدث فيه تيارا قدره الوحدة الالكتر ومغناطيسية للتيار

وليس لهذه الوحدة اسم خاص وانما يمكن استنتاج نسبتها الى الاوم من النسب التى ذكرناها سابقا لهذه الوحدات

فالوحدة الالكتر ومغناطيسية للمقاومة = $\frac{1}{10^9}$ من الاوم

ويسمى القانون

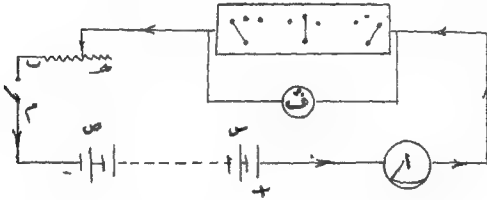
$$R = \frac{L}{M} \text{ أو } R = L \times M$$

$$R = \frac{L}{M}$$

بقانون أوم وهو من أهم القوانين فى علم الكهرباء

اثبات قانون أوم بالتجربة

تجربة (٣٤) صل الدائرة المبينة بشكل (١٤١) بان تأخذ بطارية قطباها س و ص ثم صل قطبها الموجب مثلا باحد طرفي



شكل (١٤١)

امبير متر ومن الطرف الثاني للامبير متر صل الى احد طرفي صندوق مقاومات ومن الطرف الثاني لصندوق المقاومات صل الى س احد طرفي مقاومة متغيرة ومن الطرف الثاني ب لهذه المقاومة المتغيرة صل الى مفتاح م ثم من المفتاح الى القطب السالب ص من البطارية فتكون هذه الاجزاء جميعها مكونة لدائرة واحدة جميع اجزائها على التوالي ولذلك عند غلق الدائرة بواسطة المفتاح يمر تيار واحد في جميع اجزاء هذه الدائرة وفائدة استعمال الاجهزة المختلفة في هذه الدائرة هي كما يأتي

- اولا — البطارية لاعطاء التيار الكهربائي اللازم
- ثانيا — المفتاح لقفل الدارة وفتحها عند اللزوم لكيلا يمر تيار الا عند اجراء التجربة فقط

ثالثا — المقاومة المتغيرة لتغيير مقدار التيار الذي يمر في الدائرة عند الحاجة

رابعا — صندوق المقاومات يحتوى على عدة اسلاك تتصل بأزرار على وجه الصندوق مقسمة في اغلب الاحوال الى ثلاثة اقسام وهناك مشير لكل قسم يمكن ادارته لكي يعمل اتصالا بكل زر من هذه المجموعات الثلاث وأحد هذه المجموعات تعطى مقاومات من ١٠ الى ٩٠ أوهم والثانية تعطى من ١ الى ٩ أوهم والثالثة من ١٠ الى ٩٠ أوهم من الاوهم ولذلك يمكن بواسطة تحريك هذه الايدي الحصول على اى مقاومة ينحصر مقدارها بين ٩٩٩ أوهم الى ١٠ أوهم وفى الصناديق المختلفة قد تكون المقادير غير ذلك ولكن الذى ذكرناه هو الغالب وت بجانب كل زر من هذه الأزرار يكتب مقدار المقاومة التى تحدث عندما تتصل اليد المتحركة به

خامسا — الامبير متر لقراءة مقدار التيار في الدائرة
سادسا — نوصل طرفي صندوق المقاومات بطرفي فولتامتر ليكون متصلا على التوازي مع المقاومة التى بصندوق المقاومات وفى هذه التجربة نطبق القانون على الجزء من الدائرة الذى بين طرفي صندوق المقاومات اى على المقاومة المأخوذة من الصندوق ولاجراء ذلك ثلاث طرق مختلفة

اولا — نثبت مقدار المقاومة فى الصندوق على مقدار معلوم ثم بواسطة المقاومة المتغيرة نغير مقدار التيار الذى يمر فى الدائرة فيتغير مقدار الجهد بين صندوق المقاومات إذ اننا نلاحظ

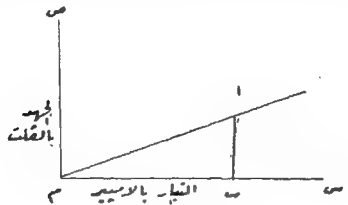
انه في كل مرة يتغير فيها مقدار المقاومة حسب تغير قراءة الامبيرمتر .
ويتغير معها قراءة الفولتامتير فنعمل جدولاً للمقادير المتقابلة
للقراءتين مثل الجدول الآتي

٢	١٧٥	١٥	١٢٥	١	٧٥	٥	٢٥	أمبير
٦	٥٢٥	٤٥	٣٧٥	٣	٢٢٥	١٥	٧٥	فولت

ونجد إذن أن خارج قسمة الجهد على التيار يساوي دائماً .
مقداراً ثابتاً أي أن $\frac{E}{I} = R$ ويكون المقدار الثابت R هو المقاومة
السلك الذي بالصندوق

ومن أعداد الجدول السابق نرى أنه لا بد أن يكون مقدار
المقاومة ٣ أوم

وإذا رسمنا خطاً بيانياً لبيان هذه العلاقة بين مقدار الجهد
والتيار مع ثبوت مقدار المقاومة نجد أن الخط يكون مستقيماً يمر
بنقطة الأصل كما في (شكل ١٤٢) الذي أخذنا فيه مقدار الجهد



شكل (١٤٢)

على المحور الرأسى ومقدار التيار على المحور الأفقى
وفي هذا الشكل يكون المستقيم am هو الخط البياني الذى
يبين العلاقة المطلوبة ويكون مقدار ظل الزاوية am هو مقدار
المقاومة بالأوهم

ثانياً — ثبت مقدار التيار بأن نلاحظ أن مقدار قراءة
الامبير متر تكون دائماً مقدارا واحدا لجميع القراءات المختلفة
التي تؤخذ من الفولتمتر

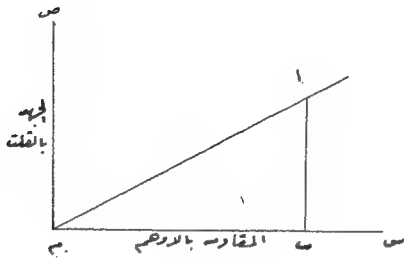
ولهذا يجب أن تحرك المشير على وجه صندوق المقاومات
لكى نأخذ مقادير مختلفة للمقاومة وفي الوقت نفسه نحتاج الى
استعمال المقاومة المتغيرة m لكى نثبت مقدار التيار فنجد أنه
كلما زاد مقدار المقاومة المأخوذة من الصندوق زادت قراءة
الفولتمتر بمقدار مناسب لذلك مادام الامبير متر يقرأ مقداراً ثابتاً
ولنفرض أننا حصلنا على القراءات في الجدول الآتى

٢٥	٢٢٥	٢	١٧٥	١٥	١٢٥	١	٧٥	٥	فولت
١	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	اوهم

ومن الجدول يتبين أن خارج قسمة الجهد على المقاومة يساوى
دائماً مقدارا ثابتاً وهو مقدار التيار ومن الأعداد لا بد أن يكون
هذا التيار الثابت قدره ٢٥ أمبير
وإذا رسمنا الخط البياني لهذا الجدول نجد أنه مستقيماً مثل

م_١ وإذا كانت المقادير الرأسية تدل على الجهد والافقية على مقدار المقاومة كان ظل الزاوية م_١ ب مقدار التيار (شكل ١٤٣)

$$\text{ومن هذا نرى أن } \frac{H}{M} = \text{مقداراً ثابتاً} = T$$



(شكل ١٤٣)

ثالثاً — ثبت مقدار الجهد أي نجعل قراءة الفولتاً متر مقداراً ثابتاً ونغير مقدار المقاومة المأخوذة في صندوق المقاومات فيتغير معها مقدار التيار

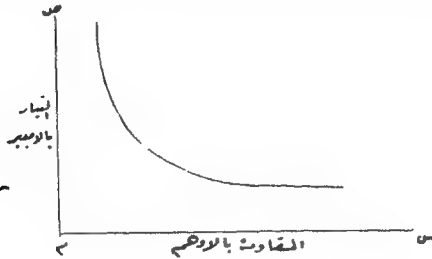
ولا ننسى أنه في هذه الحالة نحتاج إلى استعمال المقاومة المتغيرة مع ما ذكرنا في الأحوال السابقة

فاذا لاحظنا قراءة الأمبير متر ومقدار المقاومة المأخوذة من الصندوق نجد أنه كلما جعلت المقاومة أكبر كان مقدار التيار أقل وبالعكس بشرط بقاء قراءة الفولتاً متر في أثناء ذلك واحدة

وإذا عمل جدول لهذه القراءات نحصل على أعداد كالآتية

أمبير	٥	٣	٢	١	٢	٣	٤
أوم	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨

ويلاحظ من هذا الجدول ان حاصل ضرب مقداري التيار والمقاومة يكون دائماً مقدارا ثابتا هو مقدار الجهد المبين من قراءة الفولتامتري الذي يجب ان يكون في هذه الحالة ١٠ فولت والخط البياني لهذه العلاقة هو قطع زائد كما في شكل (١٤٤) الذي قد



شكل (١٤٤)

أخذنا فيه مقدار التيار رأسيا ومقدار المقاومة افقيا ونكون اذن قد اثبتنا قانون اوم بأحواله الثلاث على الترتيب اى اثبتنا ان

$$م = \frac{م}{ت} \quad (١) \quad م = \frac{م}{م} \quad (٢) \quad م = ت \times م \quad (٣)$$

تجربة (٣٥) لايجاد مقدار المقاومة النوعية لجسم ما
نأخذ سلكاً من هذه المادة وليكن الحديد مثلاً ونضعه في دائرة
كالمبينة بشكل (١٤١) في التجربة السابقة ليأخذ محل صندوق
المقاومات ويكون إذن الفولتامتروا صلاً بين طرفي هذا السلك
على التوازي معه

ثم نغير مقدار المقاومة المتغيرة نحصل على قراءات مناسبة على
الامبيرمتر ونقرأ أيضاً الفولتامتروبقسمه القراءة الثانية على الاولى
نحصل على مقدار مقاومة هذا السلك ونفرض ان هذا المقدار = م
بعد ذلك نقيس طول السلك بواسطة المسطرة ثم نقيس قطره
بواسطة الميكرومتر ونستعمل القانون

$$م = \frac{ل}{س} \times ١$$

ونفرض في تجربة ما ان قراءة الفولتامترو ١ فولت والامبيرمتر
كانت ٢٠ امبير فيكون المقاومة

$$م = \frac{١.٩}{٢٠} = ٠.٠٩٥ \text{ او } ٩٥ \text{ م.او.م}$$

نفرض ان طول السلك = ٢٠٠ سم وان قطره يساوى

$$\begin{aligned} ٢.٠ \text{ سم فتكون مساحة مقطعه المستعرض ط } \times (١٠) \text{ سم}^2 \\ = ٠.٣١٤ \text{ سم}^2 \\ \therefore ٠.٩٥ = ١ \times \frac{٢٠٠}{٠.٣١٤} \end{aligned}$$

$$\therefore ١ = \frac{١٥}{٦١٠} \text{ اوم او } ١٥ \text{ ميكرو اوم}$$

ويحسن عند اجراء هذه التجربة اعاذتها مرتين او اكثر
وايجاد مقدار ١ في كل حاله منها ثم اخذ العدد المتوسط

بند (١٠٠) مقدار المقاومة النوعية للوصلات

قد عملت تجارب عديدة لاجاد مقدار المقاومة النوعية
للوصلات المختلفة وأهم ذلك المقاومة النوعية للنحاس لكثرة

استعماله ومقدارها يساوي $\frac{١٠٦}{٦١٠}$ من الاوم اي يساوي ١٠٦ ميكرو اوم

والجدول الآتي يبين مقادير المقاومات النوعية لأجسام مختلفة

جدول مقادير المقاومة النوعية لاجسام مختلفة

المعدن	المقاومة النوعية عند درجة صفر مئوى ميكروهم للبوصة المكعبة	المقاومة النوعية عند درجة صفر مئوى ميكروهم للسنتيمتر المكعب
الفضة النقية	٠.٥٨٣	١.٤٦٨
النحاس الأحمر	٠.٦٦٧	١.٥٩
النحاس الأحمر المسحوب على البارد	٠.٦٢٣٨	١.٦٣
الذهب	٠.٨١	٢.١٩٧
الألومنيوم	٠.٩٦	٢.٥٣
الحارصين النقي	٢.٢١	٥.٧٥
البلاتين	١٣.٢٤	١٠.٩١٧
الحديد (السلك)	٣.٨٢	٩.٧٥٩
النيكل الطرى	٢.٧٣	١٢.٣٢٣
القصدير المضغوط	٥.١٩	١٣.٠٤
الرصاص (النقي)	٧.٧١	٢٠.١٣٦
الفضة الألمانية	من ٧.٤٨ إلى ١١.٨٨ حسب تركيبها	٢٩.٩٨٢
المانجنين	١٦.٧	٤٦.٦٧٨
الزئبق النقي	٣٧	٩٤.٠٧

بند (١٠١) المقادير العيارية لبعض الوحدات

نعلم من قانون أوهم ان

$$م = ت \times م$$

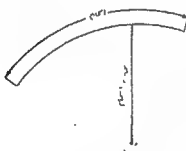
فلو حددنا وحدتين احدهما للتيار والاخرى للمقاومة تحدد من ذلك وحدة الجهد أيضا لان وحدة الجهد هي مقدار الجهد الذي يحدث تيارا قدره الوحدة اذا أثر في طرف موصل مقاومته وحدة المقاومة ولتحديد وحدة التيار طريقتان

الأولى - بمقدار تأثيره المغناطيسى

الثانية - بمقدار تأثيره التحليلي

ففي الطريقة الأولى نفرض ان سلكا لف على شكل دائرة

نصف قطرها = ١ سنتيمتر وان الجزء من المحيط الذي يشغله طول السلك في هذه الدائرة هو ١ سم شكل (١٤٥) فيكون التيار في هذا السلك الذي طوله ١ سم ومكونا لقوس دائرة نصف قطرها = ١ سم مقداره = وحدة التيار اذا كانت القوة الحادثة منه على قطب



شكل (١٤٥)

مغناطيس شدته وحدة الأقطاب هي دابن واحد اذا وضع هذا القطب في مركز الدائرة

هذه هي وحدة التيار العلية

وهي تساوي ١٠ أمبير

الطريقة الثانية : - نعلم انه اذا مر تيار في سائل موصل تحلل هذا السائل الى عناصره الاولى فلما مثلا يتحلل الى ايدروجين واكسجين والاول يتجه نحو القطب السالب اى نقطة خروج التيار والثانى يتجه نحو القطب الموجب اى نحو نقطة دخول التيار ونعلم مما سبق في قوانين التحليل ان الوزن المتحلل يتناسب مع مقدار التيار ومقدار المكافئ الكيماوي الكهربائى فعملية التحليل اذن يمكن بها حساب مقدار التيار اذا قدر الوزن المتحلل بواسطة من جسم ما

وبما ان عملية الوزن من أدق عمليات القياس في العلوم الطبيعية اذن تقدير التيار بواسطة هذه الطريقة أدق كثيرا من الطريقة المغناطيسية السابقة ولذلك يمكننا ان نعرف وحدة التيار الكهربائى أنه هو التيار الذى اذا مر فى محلول يحتوي على الفضة مثلا تحلل مقدار من الفضة فى كل ثانية قدره ٠.٠٠١١١٨ ر. ٠ جرام

(بند ١٠٢)

هناك تأثير ثالث للتيار وهو التأثير الحرارى ويمكن تعريف وحدة التيار منه بالطريقة الآتية
نعلم أنه اذا مر تيار قدره T فى سلك مقاومته R كان الجهد

$$E = T \times R$$

وبما أن الطاقة الكهربائىة فى هذه الحالة تصرف جميعها فى تسخين السلك فانها تفقد على شكل حرارة يمكن الاستدلال

عليها بقياس درجة حرارة السلك قبل وبعد مرور التيار وقد يحدث أحيانا عند مرور تيارات صغيرة في أسلاك قليلة المقاومة أن درجة الحرارة لا ترتفع بمقدار يمكن قياسه وليس ذلك لعدم حدوث الحرارة بل لأن المقدار الذي وجد منها قليل ففقد السلك في الجو أو الأشياء الأخرى المحيطة به بنفس السرعة التي تكون بها

وستثبت فيما يلي أن مقدار القدرة الكهربائية هو حاصل ضرب الجهد في التيار
∴ القدرة الكهربائية = $I \times E$ ت

$$= M \times T \times T = M T^2$$

أى تساوى مقدار مقاومة السلك في مربع التيار ووحدة القدرة العملية الكهربائية هي الواط أو الجول في الثانية

∴ مقدار الحرارة بالجول في الثانية = $M T^2$
فلو فرضنا أن ت = ١ أمبير $M = ١$ أو هم تتج ان الحرارة
= ١ جول في الثانية

ونعلم أيضا أن الجول = $\frac{1}{4.18} = ٢٤$ من السعر الحرارى

اذن نرى ان التيار الذى قدره أمبير واحد لو مر في سلك مقاومته أو هم واحد أحدث حرارة في كل ثانية قدرها ٢٤ من السعر

بند (١٠٣) وحدة المقاومة العيارى

هذه الوحدة هي الأُوهم وهي مقاومة عمود من الزئبق النقي طوله ١٠٦٣ سم ومقطعه المستعرض ١ ملليمتر مربع اذا كانت درجة حرارته الصفر المئوى

. وبتحديد المقدار لكل من وحدة التيار ووحدة المقاومة تكون قد حددنا أيضا وحدة الجهود بالعلاقة التى بين الثلاثة من قانون أوهم كما قدمنا

ومع ذلك للحصول على جهود مضبوطة تتفق مع المقدار العيارى لوحدة الجهد اى مع الفولت قد وجد ان هناك بعض أنواع من البطاريات الابتدائية تعطى جهدا ثابتا دائما الا اذا تغيرت درجة حرارتها ولو ان تغير درجة حرارتها لا يغير كثيرا من الجهد ومن هذه يستعمل غالبا نوعان هما

(اولا) عمود لا تيمر كلارك ومقدار الجهد بين قطبيه = ١.٤٣٤ فولت فى درجة ١٥° مئوى و (ثانيا) عمود وستون ومقدار الجهد بين قطبيه ١.١٨٤ فولت فى درجة ٢٠° مئوى وقد يسمى هذا الجهد فى البطاريات وفى بعض أحوال أخرى بالقوة الدافعة الكهربائية والاثنان يقدران بوحدة واحدة هي الفولت

التأثيرات الحرارية

بند (١٠٤)

إذا مر تيار كهربائي في موصل فإنه لابد من حدوث حرارة فيه مقدارها بالجول = مربع التيار \times المقاومة \times الزمن بالثواني وبالسعر = مربع التيار \times المقاومة \times الزمن بالثواني مقسوما على ١٨٠٤ أنظر بند (١٠٢)

وهذه الحرارة الناشئة من مرور التيار الكهربائي في الأسلاك عبارة عن طاقة مفقودة لا يمكن التخلص منها وغاية الأمر أننا يمكننا أن نجعلها أقل ما يمكن في حالة تيار معلوم المقدار بأن نجعل الموصل ذا مقاومة قليلة جدا ولذلك نجد أنه كلما زاد مقدار التيار الذي يراد مروره في سلك زاد مقدار مقطع السلك وهذا معناه أننا نقلل مقاومة السلك. لكي لا تكون الحرارة الناشئة من مروره كبيرة المقدار وقد قلنا فيما سبق أن هذه الحرارة إذا كان مقدارها صغيرا جدا فأننا لا نشعر بوجودها لأنها تفقد في الجو أو الأشياء المحيطة بالسلك بنفس السرعة التي تكون بها فلا تتغير درجة الحرارة بمقدار يذكر

ولهذا السبب نفسه تستعمل الأسلاك النحاسية دائما في التوصيلات الكهربائية في المحطات الكهربائية والتوزيع منها للحال المراد استعمال الكهرباء بها تفاديا من فقد جزء كبير من الطاقة في أثناء نقلها من المحطة التي تولدت فيها إلى المكان المراد توصيلها إليه

والنحاس أجود الاكسام توصيلا للكهربائية بعد الفضة الا أننا لانفكر مطلقا في استعمال الفضة لأن ثمنها كبير جدا بحيث ان التوفير في مقدار الطاقة المفقودة الذي ينشأ من استعمال الفضة لا يمكن أن يعوض جزءا من الفرق بين ثمنها و ثمن النحاس وهناك بعض أجهزة نادرة يستعمل فيها الفضة اذا كانت قلة المقاومة في هذه الأجهزة لها أهمية كبرى في عملها

بند (١٠٥)

وقد فكر أخيرا في استعمال الألومنيوم وهو معدن أقل توصيلا من النحاس الا أن له ميزة أخرى وهي خفة وزنه بالنسبة لان كثافته أقل بكثير من النحاس ولذلك اذا استعملنا الألومنيوم نضطر الى أخذ مقطع منه أكبر مما نأخذ من النحاس اذا تساوت المقاومتان ولكنه مع ذلك يبقى وزن الألومنيوم أقل و ثمن هذه المعادن يتبع غالبا مقدار وزنها

بند (١٠٦)

قد يكون المقصود من مرور التيار في السلك تسخين السلك لاننا نريد توليد الحرارة بواسطة التيار الكهربائي وأمثلة ذلك كثيرة كما ذكرنا في بند (٤) في أستعمالات الكهرباء العملية وفي هذه الاحوال يمرر التيار في سلك ذي مقاومة كبيرة بحيث يحدث في السلك الحرارة المطلوبة او الضوء المطلوب ومن أمثلة ذلك الدفايات الكهربائية وأجهزة الطبخ الكهربائية وتسخين الماء والمصابيح الكهربائية ويوجد في كل جهاز من هذه جسم مقاومته لدرجة ترتفع درجة حرارته الى درجة معلومة عند مرور التيار فيه

بند (١٠٧) الطاقة الكهربائية:—

تعرف الطاقة بأنها القدرة على الشغل والمثال الشهير في الميكانيكا هو أنك إذا رفعت حجرا من سطح الأرض فإنه في مكانه المرتفع عن الأرض يصبح قادرا على الشغل لأنك إذا تركته سقط بقوة التناقل أمكنه أن يعمل مقدارا من الشغل يقدر بمقدار ثقله في المسافة الرأسية من نقطة سقوطه هذه إلى سطح الأرض وكذلك الجسم المتحرك قادر على عمل شغل لأنك إذا أردت أن تبطل حرته أظهر هذا الشغل كذلك في الكهرباء إذا مر تيار كهربائي في سلك فإنه يتبع مروره هذا طاقة كهربائية نقدرها كما يأتي نفرض أن السلك ١ ب يصل بين نقطتين ١٥ ١٦ شكل (١٤٦)

فرق الجهد بينهما = ϵ فرن ١ ————— ب
تعريف الجهد نستنتج أنه إذا شكل (١٤٦)

نقلت كمية من الكهرباء قدرها الوحدة من ١ إلى ب كان مقدار الشغل الذي يعمل = ϵ أرجا فإذا فرضنا أن شدة التيار من ١ إلى ب = i فنعلم أن i كولومب من وحدات الكهرباء تنتقل كل ثانية من ١ إلى ب وأذن يكون الشغل في الثانية = $\epsilon \times i$ ت

والشغل في أي زمن كان = $\epsilon \times i \times t$
= $\epsilon \times ش$ بفرض أن $ش$ الشحنة (الكمية)

لذلك نستنتج التعريف الآتي

مقدار الطاقة الكهربائية التي تتبع نقل كمية من الكهرباء قدرها (ش) بين نقطتين فرق جهدهما (ϵ) = حاصل ضرب الشحنة في فرق الجهد ووحدة الطاقة مثل وحدة الشغل فأذن هذه الوحدة هي الأرج

∴ الطاقة = ش × هـ أرجات

هذا اذا استعملنا الوحدات الالكتر ومغناطيسية
اما اذا استعملنا الوحدات العملية أى أننا قسنا الشحنة
بالكولومب والجهد بالفولت فان الطاقة تصبح مقدرة بالجول ومن
العلاقات السابقة بين هذه الوحدات ينتج ان

$$\text{الجول} = ١٠^٧ \text{ أرجا}$$

الطاقة = ش × هـ جولاً بالوحدات العملية

بند (١٠٧) القدرة الكهربائية

القدرة هى الطاقة فى كل ثانية اى ان القدرة = مقدار الشغل
فى كل ثانية ولايجاد مقدارها نقول

$$\text{الشغل فى كل ثانية} = \frac{\text{ش} \times \text{هـ}}{٢} = \text{ت} \times \text{ح}$$

∴ القدرة = حاصل ضرب الجهد فى التيار

ووحدة القدرة تسمى الوات

∴ الوات = جول فى الثانية

نعلم أيضا فى علم الميكانيكا ان القدرة تقدر بالحصان فقدرة
الحصان فى المقاييس الفرنسية = ٧٥ كيلو جرام متر فى الثانية وفى
المقاييس الانجليزية = ٥٥٠ رطل قدم فى الثانية

وبتحويل قدرة الحصان المقدره بالمقاييس الانجليزية الى ما
يساويها بالوات نجرى العمل كما يأتى

الرطل قدم = ١٣٥٦ جول . . . ٥٥٠ رطل قدم في الثانية
 $٥٥٠ \times ١٣٥٦ = ٧٤٦$ جول في الثانية = ٧٤٦ وات
 . . . قدرة الحصان = ٧٤٦ وات

او الوات = $\frac{١}{٧٤٦}$ من قدرة الحصان
 وقد تستعمل وحدة أخرى للقدرة في الآلات الكهربائية
 تسمى الكيلوات وقدرها ١٠٠٠ وات

. . . الكيلوات = $\frac{١٠٠٠}{٧٤٦}$ من قدرة الحصان

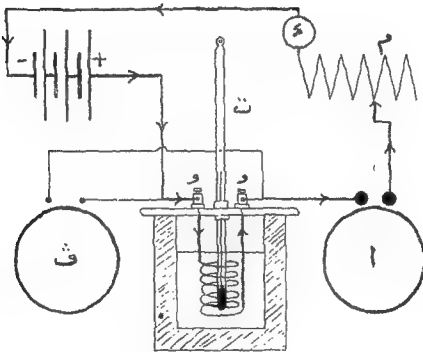
= ١٣٤

او قدرة الحصان = ٧٤٦ . من الكيلوات
 ويتحويل قدرة الحصان في المقاييس الفرنسية الى ما تساويه
 بالوات نجد ان قدرة الحصان = ٧٣٦ وات لان الكيلوجرام متر
 = ٩٨ جول

تجربة (٣٦) مكافئ جول

قد برهن جول عمليا ان الحرارة الناشئة أثناء مرور التيار
 الكهربائي في اي موصل تتناسب تناسباً طردياً مع
 (١) مربع شدة التيار (٢) مقاومة الموصل بالاوهم
 (٣) زمن مرور التيار بالثانية ويمكن برهنة ذلك بسهولة
 باستعمال كالوريمتر (مسعر) محتو على ملف المقاومة الذي يمر فيه
 التيار من مسبارين قلاووظ (و—و)
 يوضع هذا الملف في أناء معدني مغطى بطبقة صوفية وهذه مغطاة
 بأناء خشبي آخر ليقبل الاشعاع والبرهنة على مقدار مكافئ جول عمليا

نوصل المسعر في دائرة كهربائية محتوية على بطارية كينبوع كهربائي متصل بالتوالي مع مفتاح توصيل (و) ومقاومة متغيرة (م) لتنظيم شدة التيار أو تغيره وأمير متر (١) — ليسجل شدة التيار وفولت متر (ف) على طرفي المسعر ليسجل فرق الجهد على طرفيه



شكل (١٤٢)

الطريقة - نملأ المسعر بالماء ونعين وزنه بالجرام (و) ودرجة حرارته الابتدائية (و) بواسطة ترمومتر (ت) موجود بالمسعر ثم نقفل مفتاح التوصيل وننظم شدة التيار المار بواسطة المقاومة المتغيرة حتى نحصل على تيار مناسب ذي مقدار ثابت طول مدة التجربة

ونقرأ الجهد والتيار ثم بعد ١٠ دقائق مثلا من مرور التيار نفتح الدائرة ونعين درجة حرارة الماء النهائية (و_٢)

فتكون الحرارة من التأثير الكهربائي = الحرارة المكتسبة بالماء

$$\therefore \text{الضغط} \times \text{الشدة} \times ١٠ \times ٦٠ = \text{و} (و_٢ - و_١)$$

هذا اذا كان المسعر ذا جودة حسنة جدا بحيث لا يوجد حرارة مكتسبة بالمسعر نفسه أو حرارة مفقودة بالأشعاع واذ لم يكن كذلك تكون الحرارة من التأثير الكهربائي = الحرارة المكتسبة بالماء + الحرارة المكتسبة بالمسعر نفسه + الحرارة المفقودة بالأشعاع
فالحرارة المكتسبة بالماء = وزن الماء \times (درجة الحرارة النهائية — درجة الحرارة الابتدائية)

والحرارة المكتسبة بالمسعر = وزن المسعر \times حرارته النوعية \times (درجة الحرارة النهائية — درجة الحرارة الابتدائية)
والحرارة المفقودة بالأشعاع تتوقف على نوع تصميم المسعر وتعرف النسبة بين الحرارة الكلية المكتسبة عمليا والحرارة المنتجة بالشغل الكهربائي (جودة المسعر)

وقد عملت تجربة حساسة أثبتت أن الجول = $\frac{1}{4.18}$ من السعير

وكانت نتائجها كالآتي

وزن الماء = ٥٠ جرام ارتفاع درجة حرارته ٨.٩ مئوي

الزمن = ٣ دقائق أو ١٨٠ ثانية شدة التيار = ٥ر٤ أمبير

فرق الجهد = ٢ر٥ فولت

الحرارة المكتسبة بالماء = $٥٠ \times ٤٨ = ٤٩٠$ سعر

الحرارة المفقودة من التأثير الحرارة = $٢ر٥ \times ٤٥ \times ١٨٠ = ٢٠٢٥$ جول

$$\therefore \text{الجول} = \frac{٤٩٠}{٢٠٢٥} = \frac{١}{٤١٨} = ٠٢٤ \text{ من السعر}$$

بند (١٨٠) تقدير الثمن لاستهلاك القدرة الكهربائية

نفرض ان التيار الكهربائي الذي يستعمل في منزل من المنازل
يقدر بالعدد ٥ أمبير وأن الجهد المستعمل هو ١٠٠ فولت

فتكون القدرة $٥ \times ١٠٠ = ٥٠٠$ وات = ١ كيلوات

ولكن يلزمنا أيضا ان نحسب الزمن الذي يؤخذ فيه هذا
التيار لأنه من المعقول أنه اذا أخذ هذا التيار لزمن قدره ساعة
يجب ان ندفع من الثمن نصف ما ندفع لو أننا استعملناه مدة ساعتين
لذلك نري ان حساب الزمن ضروري في إيجاد مقدار الاستهلاك
ولذلك لا يكفي ان نقول ان قدرة الكهرباء التي تستعمل في
منزل ما = ١ كيلوات بل يجب ان نعرف أيضا الزمن الذي
استعملت فيه هذه القدرة

وبما أننا وضحنا سابقا ان القدرة هي مقدار الطاقة في كل ثانية
اذن الطاقة هي حاصل ضرب القدرة في الزمن
واذن يكون حساب الاستهلاك مبنيًا على الطاقة لا مقدار
القدرة

ووحدة الطاقة هي الكيلوات ساعة أي مقدار الشغل الكهربائي
الذي يعادل ١٣٤١ قدره حصان استعمل لزمن قدره ساعة
ويقال للكيلوات ساعة بالوحدة التجارية الكهربائية

وثن هذه الوحدة تقرب من ٣٠ ملها ولكن هذا المقدار
يتغير من بلد الى أخرى كما انه يتغير في البلد الواحد على حسب
ساعات الاستهلاك لانه قد يكون له مقدار بالنهار وآخر بالليل
لأسباب فنية تخص محطات توليد الكهرباء نترك شرحها الآن

مثال تطبيقي

تيار شدته ١٠٠ أمبير يمر في سلك مقاومته ١٠ أوهم أوجد
مقدار الحرارة المتشعة منه مدة دقيقة واحدة بالوحدات الحرارية
البريطانية

الحل

$$\begin{aligned} \text{مقدار الحرارة بالوات} &= \text{م}^2 = 10 \times 100^2 \\ &= 1000 \times 1000 = 1000000 \text{ وات} \\ \text{مقدار الحرارة بالجول} &= 1000000 \times 0.7 = 700000 \text{ جول} \end{aligned}$$

$$\text{مقدّر الحرارة بالأسعار} = \frac{٦٠٠٠٠٠٠}{٤١٨} = ١٤٣٥٠٠٠ \text{ سعر}$$

$$\text{وحدة} = \frac{١٤٣٥٠٠٠}{٢٥٢} = ٥٦٨٧$$

حرارية بريطانية لان الوحدة الحرارية البريطانية = ٢٥٢ سعرا

مثال آخر

ما عدد الوات ساعات اللازمة لغليان ٥٦٧ جراما من الماء
درجة حرارتها الاصلية = ١٥° مئوى

الحل

$$\text{الشغل الحراري} = \text{وزن الماء} \times \text{فرق درجة الحرارةين}$$

$$= ٥٦٧ (١٥ - ١٠) = ٤٨١٩٥ \text{ سعر}$$

وحيث ان السعر = ٤١٨ چول

$$٢٠٣٢١٩ = ٤١٨ \times ٤٨١٩٥ \text{ سعر}$$

چول او وات ثانية

$$\text{وبما ان الوات ساعه} = ٦٠ \times ٦٠ \text{ وات ثانية} = ٣٦٠٠$$

وات ثانيه

$$٢٠٣٢١٩ \div ٣٦٠٠ = ٥٦ \text{ وات ساعه تقريبا}$$

مثال آخر

ماهو الزمن اللازم لزيادة درجة حرارة ٢٥ رطل من الماء

من ٦٢° فهرنهايت إلى درجة الغليان إذا كانت القدرة الكهربائية المقفودة ٤٠٠ وات

الحل

ارتفاع درجة الحرارة = $212 - 62 = 150$ درجة فهرنهايت
الشغل الحرارى = $212 - 62 = 375$ بريطانية حرارية

وحيث أن الوحدة البريطانية الحرارية = ٧٧٨ رطل قدم
∴ الشغل الحرارى المكافئ بالرطل قدم = $375 \times 778 = 291700$ رطل قدم

وبما أن الحصان البخارى = ٧٤٦ وات
أو ٧٤٦ وات دقيقة = ٣٣٠٠٠ رطل قدم
∴ $291700 \div 746 = 391$ وات دقيقة
ويكون الزمن المطلوب = $\frac{391}{60} = 6.516$ دقيقة

مثال آخر

أوجد وزن الماء اللازم لزيادة درجة حرارته من ١٠° مئوي إلى درجة الغليان في مدة ٢٠ دقيقة إذا مر تيار شدته ١٧٥ أمبير وجهده ٢٠٠ فولت وكانت الجودة ٨١٪.

الشغل الكهربائى = $175 \times 200 \times 20 \times 60 = 420000$ حول

$\frac{420000}{4.18} = 100000$ سعر (تقريباً)

وحيث ان الجودة ٨١٪

$$\therefore ٨١٠٠٠ = \frac{٨١}{١٠٠} \times ١٠٠٠٠٠ = \text{سعر}$$

$$٨١٠٠٠ = \text{وزن الماء} (١٠٠ - ١٠) = \text{وزن الماء} \times ٩٠$$

$$\therefore \text{وزن الماء} = \frac{٨١٠٠٠}{٩٠} = \underline{\underline{٩٠٠ \text{ جرام}}}$$

مثال آخر

إذا كانت مقاومة سلك من النحاس قطره ٠.١٣٤ ر. بوصة وطوله ١٧٦٠. ياردة هي ٣١٢٨ أوهم فأوجد قطر سلك من معدن الألومنيوم طوله ومقاومته مساوية الى طول ومقاومة سلك النحاس مع العلم بأن المقاومة النوعية لمعدن الألومنيوم هي ٣٥ ر. ميكروهم للبوصة المكعبة

الحل

$$\text{المقاومة} = \text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{الطول}}{\text{سطح القطاع}}$$

$$\frac{١٢ \times ٣ \times ١٧٦٠}{\text{س}} \times \frac{٠.٣٥}{١٠} = ٣١٢٨$$

$$\therefore \text{سطح القطاع س} = \frac{١٠ \times ٣١٢٨}{٣٦ \times ١٧٦٠ \times ٠.٣٥}$$

$$= \frac{\text{بوصة مربعة} \quad ٣١٢٨٠٠}{١٤١٥} = ٢٢١٨٨٠$$

$$١٤١٥ = \text{ط}^٢ = ٣١٤١٦ \times ٢$$

— ٢٥٤ — .

$$\therefore \frac{1410}{31416} = 45 \text{ تقريبا } \%$$

$$\therefore \frac{45}{100} = 0.45 = 45 \%$$

مثال آخر

$$(1) \text{ برهن على ان المقاومة} = \frac{\text{مربع الجهد}}{\text{القدرة}}$$

(ب) ما هو الشغل بالرطل قدم الحادث من مرور تيار شدته ٥ أمبير في دائرة فرق الجهد بين طرفيها ٢٠ فولت لمدة دقيقة واحدة

الحل

$$(1) \text{ القدرة} = \text{الجهد} \times \text{شدة التيار} = \mathcal{E} \times \mathcal{I}$$

$$\mathcal{I} = \frac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}} = \frac{\mathcal{E}}{\mathcal{R}}$$

$$\therefore \text{القدرة} = \frac{\mathcal{E} \times \mathcal{E}}{\mathcal{R}} = \frac{\mathcal{E}^2}{\mathcal{R}}$$

$$\text{أعني ان المقاومة} \mathcal{R} = \frac{\text{مربع الجهد}}{\text{القدرة}} \text{ وهو المطلوب}$$

(ب) مقدار الشغل الحادث $= 20 \times 5 \times 60 = 6000$ جول
وحيث الرطل قدم $= 1356$ جول

$$\therefore \text{مقدار الشغل} = \frac{6000}{1356} = 44248 \text{ رطل قدم}$$

مثال آخر

ما عدد الاحصنة اللازمة لارسال تيار شدته ١٠٠ أمبير في
مقاومة قدرها ٧٥ أوم

الحل

$$\text{القدرة اللازمة} = \text{الجهد} \times \text{الشدة}$$

$$= \text{الشدة} \times \text{المقاومة} \times \text{الشدة}$$

$$= \text{ش}^2 \text{ م}$$

$$= 100 \times 75 \times 100 = 75000 \text{ وات}$$

$$\therefore \text{عدد الاحصنة اللازمة} = \frac{75000}{746} = 100.5 \text{ حصان}$$

مثال آخر

ماهي عدد الاحصنة اللازمة لادارة مولد كهربائي يضيئ ١٢٣٠
مصباح تحت جهد قدره ٢٠٠ فولت اذا كانت الشدة الكلية
اللازمة $= 369$ أمبير والجودة الكلية للمولد ودائرة المصابيح 90%

الحل

$$\text{القدرة اللازمة للمصابيح} = 369 \times 200 = 73800 \text{ وات}$$

وحيث أن

$$\frac{\text{القدرة المأخوذة}}{\text{القدرة المعطاة}} = \text{الجودة}$$

$$\frac{\text{القدرة المأخوذة}}{\text{القدرة المعطاة}} = \frac{٩٠}{١٠٠} \therefore$$

وحيث أن القدرة المأخوذة هي اللازمة للمصابيح

$$\frac{٧٣٨٠٠}{\text{القدرة المعطاة}} = \frac{٩٠}{١٠٠} \text{ إذن}$$

$$\text{القدرة المعطاة} = \frac{١٠٠ \times ٧٣٨٠٠}{٩٠} = ٨٢٠٠٠ \text{ وات}$$

$$\frac{٨٢٠٠٠}{٧٤٦} = \text{عدد الأئحة اللازمة لإدارة المولد}$$

$$= ١١٠ \text{ حسان تقريبا}$$

مثال آخر

إذا كان سعر الوحدة التجارية الكهربائية ٣٠ ملياً فأوجد تكاليف اضاءة ١٥٠٠ مصباح تحت جهد قدره ٢٠٠ فولت لمدة ٦ ساعات إذا كانت الشدة اللازمة لجميع المصابيح ٤٥٠ أمبير

الحل

$$\text{القدرة اللازمة للمصابيح} = ٢٠٠ \times ٤٥٠ = ٩٠٠٠٠ \text{ وات}$$

$$\text{الوحدات التجارية الكهربائية المنصرفة} = \frac{9000}{1000} \times 6 = 54 \text{ كيلوات ساعة}$$

$$\text{التكاليف} = 54 \times 30 = 16200 \text{ مليم} = 16200 \text{ جنيه مصري} = 16 \text{ جنيها } 200 \text{ مليم}$$

مثال آخر

محرك كهربائي يشتغل ٨ ساعات يوميا ٦ أيام لكل أسبوع
ويأخذ تيار شدته ١٠٠ أمبير تحت جهد قدره ٢٢٠ فولت أو جد
تكليف ادارته مدة أسبوع اذا كان سعر الوحدة التجارية
الكهربائية ٢٥ مليم

الحل

$$\text{القدرة اللازمة للمحرك} = 220 \times 100 = 22000 \text{ وات}$$

$$\text{الوحدات التجارية الكهربائية المنصرفة مدة أسبوع} =$$

$$\frac{1056000}{1000} = \frac{6 \times 8 \times 22000}{1000}$$

$$\text{التكاليف} = 1056 \times 25 = 26400 \text{ مليم} = 26400 \text{ جنيه مصري} = 26 \text{ جنيها } 400 \text{ مليم}$$

اسئلة

(١) وضع القانون الذى بمقتضاه تغير مقدار الحرارة مع المقاومة وشدة التيار

اذا مر تيار شدته ١٠ أمبير في سلك مقاومته أوهم واحد
أوجد الطاقة المفقودة به لمدة دقيقة بالاسعار (الجواب ١٢٨٤٠)

(٢) تيار شدته ١٥٠ أمبير يمر في سلك مقاومته ١٥ أوهم
ما عدد الوحدات البريطانية الحرارية المتشععة في مدة دقيقة

(٣) تيار شدته ١٠ أمبير يمر في مقاومه مقدارها ٥ أوهم لمدة
٦ ثواني وتيار آخر شدته ٦ أمبير يمر في مقاومة مقدارها
٧ أوهم فما مقدار زمن مرور التيار الأخير اذا كان مقدار
الحرارة المتشععة من التيار الأول مساوية تماما للحرارة
المتشععة من التيار الثانى (الجواب ١١٠٩ ثانية)

(٤) ما هى شدة التيار اللازم مرورها في وعاء به ١١٣٤ جرام
من الماء اذا كان هذا الوعاء متصلا بدائرة ضغطها أو جهدها
٢٢٠ فولت لكي ترتفع درجة حرارته من ١٥° مئوية الى
١٠٠° مئوية في مدة ١٠ دقائق (الجواب ٣٠٥ أمبير)

(٥) ما هى القدرة الكهربائية اللازمة لجليان ١١٣٤ جرام من
الماء في مدة خمس دقائق اذا كانت درجة حرارة الماء
الابتدائية ١٢° مئوية وكانت جوده الاناء الذى به الماء ٩٠٪
(الجواب ١٥٤٥ وات)

(٦) ما الذي تعلمه عن الطاقة والقدرة الكهربائية وما هي الوحدات المستعملة لها في كلا من الميكانيكا والكهرباء وضح بالتفصيل العلاقة بينهما

(٧) تيار كهربائي شدته ١٠ أمبير يمر في مقاومة مقدارها ١٠٠ أوم أوجد القدرة الكهربائية الحادثة بالرطل قدم في الثانية (الجواب ٧٣٧٣)

(٨) برهن على أن القدرة = مربع الشدة \times المقاومة
ما هو الشغل الحادث من مرور تيار شدته ١٠ أمبير في دائرة فرق الجهد بين طرفيها ٥٠ فولت لمدة دقيقتين
(الجواب ٦٠٠٠٠ جول)

(٩) ما عدد الأحصنة اللازمة لإرسال تيار شدته ١٥٠ أمبير في مقاومة قدرها ٨ أوم (الجواب ٢٨١٢٨)

(١٠) ما عدد الأحصنة اللازمة لإدارة مولد كهربائي يضيئ ٢٠٠٠ مصباح موصلة بالتوازي وتحت جهد قدره ٢٢٠ فولت إذا كانت الشدة اللازمة لجميع المصابيح = ١٠٠٠ أمبير والجودة الكلية للمولد ودائرة المصابيح ٨٥٪ (الجواب ٣٤٧)

(١١) إذا كان سعر الوحدة التجارية الكهربائية هي ٤ بنس فأوجد قيمة استهلاك القدرة الكهربائية المفقودة في مقاومة قدرها ١٠٠٠٠ أوم موضوعة في دائرة كهربائية جهدها ٢٠٠ فولت لمدة ربع سنة (الجواب ٢ شلن ١٩ بنس)

(١٢) محرك كهربائي يشتغل ٨ ساعات يومياً ٢٩ أيام لكل أسبوع
ويأخذ تيار شدته ١٠٠ أمبير تحت جهد قدره ٢٢٠ فولت
أوجد تكاليف إدارته مدة سنة إذا كان سعر الوحدة التجارية
الكهربائية ٢ بنس (الجواب ٥٧٤ جنيهاً ١٢ شلن)

(١٣) إذا دار محرك كهربائي قوته ١٠ أحصنة وجودته ٨٥ في المائة
تحت حمل كامل باستمرار مدة ١٢ ساعة فاعدد الوحدات
التجارية الكهربائية المستهلكة (الجواب ١٠٥٣)

(١٤) محرك كهربائي يأخذ ١٨٥ أمبير بجهد قدره ٤٦٠ فولت ويعطى
٨٠ حصان أوجد جوته

وكم عدد الوحدات التجارية المستهلكة لمدة ساعة
(الجواب ١٣ ر ٧٠ / ٩ ١٨٥)

الباب الخامس

تطبيقات على قانونه أولهم

بند (١٠٩) طرق اتصال عدة اسلاك

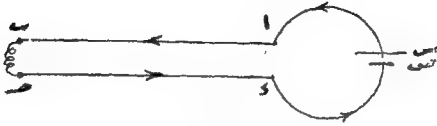
نفرض ان كلا من ١ ب و ٢ هـ و سلك من النحاس ونريد توصيلهما معا لير بهما تيار كهربائي من بطارية قطبها هـ و س شكل (١٤٨)
ف نجد انه يمكن ذلك بطريقتين مختلفتين



شكل (١٤٨)

اولا — (طريقة التوصيل على التوالي)

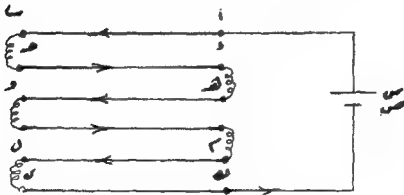
نصل القطب الموجب س بالطرف ١ من السلك الاول ثم نصل الطرف الثاني ب من السلك الاول بالطرف هـ من السلك الثاني ثم اخيرا نصل الطرف الآخر و من السلك الثاني الى القطب السالب ص شكل (١٤٩) ونجد ان التيار الخارج من البطارية من قطبها س يمر بالسلك ١ ب في الاتجاه من ١ ب ثم



شكل (١٤٩)

في السلك $هـ$ وفي الاتجاه من $هـ$ الى $و$ ثم الى القطب السالب $ص$ مخترقا البطارية من الداخل الى $س$ مكونا دائرة كهربائية مغلقة وليس هناك طريق آخر لمرور التيار غير الذي ذكرناه فيكون مقدار التيار واحدا في جميع نقاط الدائرة اي ان مقدار التيار الخارج من البطارية هو مقداره المار في السلك الاول ٢ $ب$ هو مقداره المار في السلك $هـ$ و

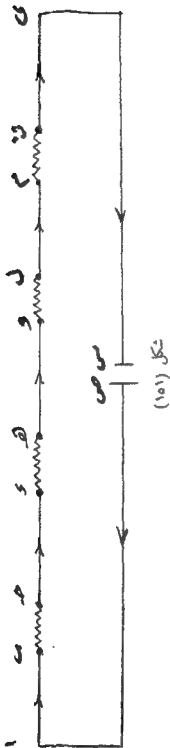
تسمى هذه الطريقة بالتوصيل على التوالي
واذا اخذنا عدد من الاسلاك لنوصلها بهذه الطريقة يكون ذلك كما في شكل (١٥٠) او شكل (١٥١) اللذان لا يحتاجان الى شرح اكثر



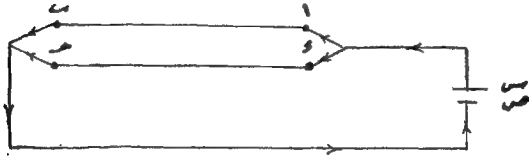
شكل (١٥٠)

ثانياً - (التوصيل على التوازي)

نفرض ان السلكين هما
 ا ب و ج هـ ، ويراد امرار تيار
 البطارية س ص فيهما بطريقة
 اخرى لذلك نصل ا و معاً ثم
 نصل كذلك الطرفين ب و هـ
 ثم نصل القطب س من البطارية
 بموضع اتصال ا و ج ونصل
 القطب الثاني ص بموضع اتصال
 ب و هـ فنجد ان التيار الخارج
 من القطب س يصل الى موضع
 اتصال ا و ج وهناك يجد امامه
 طريقين احدهما في السلك ا ب
 والآخر في السلك و هـ فينقسم جزء
 منه في ا ب والجزء الاخر في و هـ
 ثم يجتمع الجزءان ثانياً عند موقع
 اتصال ب و هـ ليكون التيار

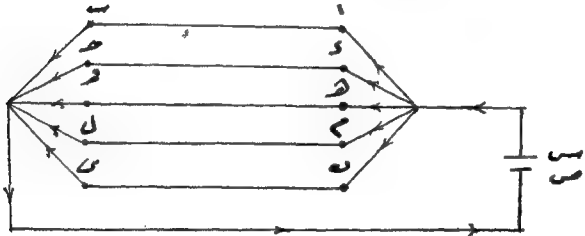


الواحد الذي يصل الى القطب السالب ص شكل (١٥٢)



شكل (١٥٢)

فكاننا في هذه الحالة وجدنا طريقين للتيار احدهما في السلك الاول والاخر في السلك الثاني ولو كان عدد الاسلاك اكثر من اثنين انقسم التيار الى اجزاء بقدر عدد الاسلاك شكل (١٥٣) تسمى هذه الطريقة طريقة التوصيل على التوازي ويمكن اختصار ما تقدم فيما يلي



شكل (١٥٣)

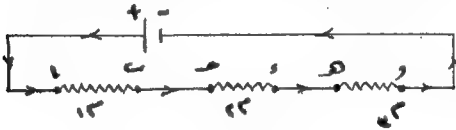
(طريقة التوازي)

يمر التيار في جميع الاسلاك الواحد بعد الآخر على ترتيب

اتصالها وتكون الشدة ثابتة في كل نقطة منها
(طريقة التوازي) يكون لجميع الأسلاك نهيتين مشتركتين يمر
التيار في هذه الأسلاك دفعة واحدة مبتدئاً من احدى النهايتين
المشتركتين الى الاخرى بحيث ينقسم التيار الى عدد من الاجزاء
يقدر عدد الأسلاك
وطريقة حساب المقاومة الكلية للأسلاك مجتمعة في هاتين
الحالتين توضح كما يلي

بند (١١٠) التوصيل على التوالي :-

اذا كان هناك جملة موصلات (مقاومات) $١, ٢, ٣, \dots, n$
 $١, ٢, ٣, \dots, n$ متصلة على التوالي كما في شكل (١٥٤) ومر تيار شدته
(ت) أمبير في الاتجاه الموضح بالشكل فإن هذا التيار يمر في كل



شكل (١٥٤)

الموصلات مبتدئاً من ١ الى ان يخرج من و فإذا كانت مقاومات
الموصلات هي $١, ٢, ٣, \dots, n$ على الترتيب نجد انه بتطبيق قانون أوم

$$\begin{aligned} \text{الفرق في الجهد بين } ١ \text{ و } ٢ &= ت \times ١ \\ \text{و } ٢ \text{ و } ٣ &= ت \times ٢ \\ \text{و } ٣ \text{ و } ٤ &= ت \times ٣ \end{aligned}$$

∴ يكون الفرق في الجهد بين ١ و ٢ و $t = t_1 \times t_2 + t_3$
 $t_1 \times t_2 + t_3$ فإذا فرض أن r مقاومة جميع هذه الأسلاك
 مجتمعة ولعلنا أن t مقدار التيار الذي يمر في هذه المجموعة
 فينتج بتطبيق قانون أوم على هذه المجموعة أن فرق الجهد الكلي
 من ١ إلى ٢ $t = t_1 \times t_2 + t_3$

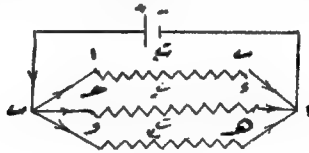
$$t = t_1 \times t_2 + t_3$$

وبقسمة كل من الطرفين على t نحصل على

$r = r_1 + r_2 + r_3$
 أي أن المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة بالتوالي
 تساوي مجموع هذه المقاومات
 ونلاحظ أذن في هذا التوصيل أن شدة التيار ثابتة في جميع
 نقط المجموعة

ولكن فرق الجهد بين أي نقطتين في الدائرة يتناسب مع
 مقدار المقاومة بين هاتين النقطتين
 التوصيل على التوازي:

إذا فرضنا أن مقاومة المجموعة المتصلة على التوازي شكل (١٥٥)



شكل (١٥٥)

هي m وأن شدة التيار الكلية $=$ ت ومقاومة الموصلات هي m
 m على الترتيب فإن شدة التيار الكلية ت تتجراً في الثلاث
 مقاومات ولتكن شدته فيها ت m ت m ت m على الترتيب
 أذن الفرق في الجهد بين الطرفين ا ب $=$ الفرق في الجهد
 بين الطرفين ه و $=$ الفرق في الجهد بين الطرفين و ه
 فبتطبيق قانون أهم

$$\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة الكلية}} = \text{شدة التيار الكلية المارة بالمجموعة}$$

$$= \frac{H}{T} =$$

$$\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{مقاومة الفرع ا ب}} = \text{شدة التيار المارة بالفرع ا ب}$$

$$= \frac{H}{T_1} =$$

$$\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{مقاومة الفرع ه و}} = \text{شدة التيار المارة بالفرع ه و}$$

$$= \frac{H}{T_2} =$$

$$\frac{\text{فرق الجهد}}{\text{مقاومة الفرع و ه}} = \text{شدة التيار المارة بالفرع و ه}$$

$$T_3 = \frac{E}{R_3} =$$

وحيث ان $T = T_1 + T_2 + T_3$

$$\therefore \frac{E}{R} + \frac{E}{R_2} + \frac{E}{R_3} = \frac{E}{R} \quad \text{على } E \text{ ينتج}$$

$$\frac{1}{R} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{R} \quad \text{القانون المطلوب}$$

اي ان المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة بالتوازي تأتي من القانون السابق الذكر الذي يبين ان مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوبات المقاومات الجزئية

يمكننا ايضا معرفة النسبة بين مقادير شدة التيار في الاجزاء المختلفة من دائرة التوازي كما يأتي

نفرض ان مقادير المقاومات هي R_1 و R_2 و R_3 وقد اتصلت على التوازي شكل (١٥٥) وان فرق الجهد المؤثر بين طرفيها E هو

وان التيار في هذه الاسلاك على الترتيب هو T_1 و T_2 و T_3 .

$$\therefore T_1 = \frac{E}{R_1}$$

$$T_2 = \frac{E}{R_2}$$

$$\frac{r}{r_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_3}{r_2}$$

$$\therefore \frac{r}{r_2} : \frac{r_1}{r_2} : \frac{r_3}{r_2} = \frac{r}{r_2} : \frac{r_1}{r_2} : \frac{r_3}{r_2}$$

$$\frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_2} : \frac{1}{r_2} =$$

أي ان شدة التيار في الاجزاء او الاسلاك المختلفة تناسب
عكسيا مع مقدار مقاومتها
فاذا فرض مثلا ان المجموعة تتركب من سلكين اثنين فقط
وكانت مقاومة احدهما ضعف مقاومة الثاني كان التيار في الاول
نصف مقداره في الثاني

وبالاختصار نجد ان طريقة التوصيل على التوالي تجعل المقاومة
النهائية بمجموع المقاومات المكونة لها واما في التوصيل على التوازي
فان مقلوب مقدار المقاومة النهائية يساوى مجموع عدة مقادير
هى مقلوب كل مقاومة على حدة

وسنرى من حل مسائل عديدة على ذلك ان توصيل عدة
اسلاك على التوالي يجعل مقاومتها مجتمعة اكبر من مقاومة اي منها
على حدة ولكن توصيل عدة اسلاك على التوازي يجعل مقدار
مقاومتها مجتمعة اقل من مقاومة اى واحد منها على حدة اى ان
التوصيل على التوالي يوصل الى مقاومة كبيرة وعلى التوازي يوصل
الى مقاومة صغيرة

بند (١١١) سقوط الجهد على طول موصل يحمل تيارا
 كهربائيا نفرض ان AB سلك موصل يمر به تيار كهربائي شدته I
 ت أمبير ويؤثر بين طرفيه A و B فرق جهد قدره V فولت
 ونفرض ان مقاومة السلك R اهم
 فمن قانون اوم نعلم ان

$$V = IR$$



شكل (١٥٦)

نأخذ اي نقطة C على السلك AB تقسم السلك الى قسمين
 AC و CB شكل (١٥٦) ونفرض ان مقاومة الجزء AC R_1 اهم
 ومقاومة الجزء CB R_2 اهم وان فرق الجهد من A الى C V_1
 ومن C الى B V_2
 فبما ان شدة التيار ثابتة على طول السلك اذن لو طبقنا قانون
 اوم على كل من الجزئين نجد ان

$$V_1 = IR_1$$

$$V_2 = IR_2$$

وبالقسمة ينتج ان

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{12}{12 + 12} = \frac{12}{12 + 12}$$

ولكن $12 + 12$ هو فرق الجهد من 1 الى 12 ويساوي 12
وكذلك $12 + 12 =$ المقاومة الكلية للسلك من 1 الى 12

$$\frac{12}{12} = \frac{12}{12}$$

$$\frac{12}{12} = \frac{12}{12}$$

ومعنى هذا ان النسبة بين فرق الجهد لأي جزء من السلك الى
فرق الجهد للسلك جميعه تساوي النسبة بين مقاومة هذا الجزء الى
مقاومة السلك جميعه

فلو فرض مثلا اننا أخذنا جزءا من السلك مقاومته تساوي 12
مقاومة السلك جميعه كان فرق الجهد بين طرفي هذا الجزء مساويا لـ
فرق الجهد بين طرفي السلك جميعه

بند (١١٢) ليست القاعدة التي استنتجت في البند السابق
خاصة بالسلك الواحد بل يمكن تطبيقها ايضا على عدة أسلاك تتصل
على التوالي



نفرض مثلاً ان هناك ثلاثة أسلاك R_1, R_2, R_3
 و R_1 مقاومة R_2 و R_3 كما في شكل (١٥٧)
 تتصل على التوالي

فبالطريقة السابقة يمكن اثبات ان $R_1 : R_2 : R_3 =$
 $R_1 : R_2 : R_3 =$

بفرض ان $R_1 =$ فرق الجهد من أ الى ب
 R_2 ان $R_2 =$ ب الى ج
 R_3 ان $R_3 =$ ج الى د

$$\text{وأيضاً } \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{R_3}{R_1} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{R_3}{R_1}$$

بفرض ان R_1 فرق الجهد الكلى من أ الى
 و R_2 المقاومة الكلية من أ الى و أيضاً

شكل (١٥٧)

وبعبارة أخرى يمكننا ان نقول انه في الدائرة الواحدة التي
 تتصل جميع أجزائها على التوالي يكون نسبة فرق الجهد بين أى
 نقطتين الى فرق الجهد الكلى المؤثر على الدائرة جميعها مساوية
 لنسبة مقاومة هاتين النقطتين الى المقاومة الكلية او ان فرق الجهد

توزع على اجزاء الدائرة بنسبة مقاومة هذه الاجزاء
 مثال — مصباح كهربائى مقاومته = ٢٠٠ أوم يتصل على
 التوالى مع مصباح آخر مقاومته = ٤٠٠ أوم فاذا كان فرق الجهد
 المؤثر على المصباحين معا = ٣٠٠ فولت فاجد مقدار فرق
 الجهد لكل مصباح

الحل

$$\frac{\text{فرق الجهد للمصباح الاول}}{\text{فرق الجهد الكلى}} = \frac{\text{مقاومة المصباح الاول}}{\text{المقاومة الكلية}}$$

$$\frac{1}{3} = \frac{200}{400+200}$$

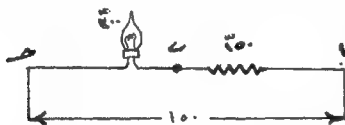
فرق الجهد للمصباح الاول = $\frac{1}{3} \times 300 = 100$ فولت

و فرق الجهد للمصباح الثانى = $300 - 100 = 200$ فولت

بند (١١٣) القواعد السابقة تفيد عمليا فى احوال كثيرة

ومثال ذلك اذا فرض اننا نريد ان نضئ مصباحا جهده
 المعتاد ١٠٠ فولت من ينبوع كهربائى يولد فرق جهده قدره ١٥٠
 فولت فنجد مما تقدم انه يجب ان نوصل مقاومة اخرى اضافية
 على التوالى مع المصباح وان هذه المقاومة يجب ان يكون مقدارها
 $\frac{1}{2}$ مقاومة المصباح فلو كانت مقاومة المصباح مثلا ٣٠٠ أوم

وجب ان تكون المقاومة التى تضاف له متصلة على التوالى وقدرها ١٥٠ اوهم ويكون الترتيب كما في شكل (١٥٨) الذي



شكل (١٥٨)

يبين المقاومة الاضافية بين a و b وقدرها ١٥٠ اوهم والمصباح بين b و c ومقاومته ٣٠٠ اوهم

كذلك اذا اريد اضافة عدة مصابيح على التوالى من ينبوع كهربائى واحد وكان الجهد اللازم لكل مصباح $= e$ فولت وعدد المصابيح $= n$ وجب ان يكون جهد الينبوع قدره $n \times e$ فولت فاذا كانت جميعها متساوية في المقاومة كان مقدار الجهد e لكل واحد منها متساويا واما اذا كانت غير متساوية في المقاومة فان الذي يكون مقاومته اكبر يكون عليه فرق جهد اكبر من e والذي مقاومته اقل يكون عليه فرق جهد اقل من e بند (١١٤) يمكننا تطبيق هذه القاعدة ايضا على سلك مستقيم

ممدود بين نقطتين a و b مقطعه المستعرض ثابت في كل طوله نجد ان مقاومة اى جزء من هذا السلك تتناسب مع طول هذا الجزء لان المقطع المستعرض واحد لجميع الاجزاء ولهذا يكون فرق الجهد بين اى نقطتين على السلك مناسباً لطول هذا الجزء

فإذا أخذنا نقطتين مثلاً على هذا السلك مثل $هـ$ و $و$ وكان
البعد بين $هـ$ و $و$ ١ والبعد بين $و$ و $ب$ ١ و فرق الجهد من $ا$
الى $ب$ $=$ $هـ$ و فرق الجهد من $هـ$ الى $و$ $=$ $هـ$

فينتج ان $\frac{١}{هـ} = \frac{١}{ب}$ شكل (١٥٩)



شكل (١٥٩)

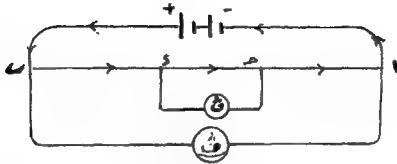
فمثلاً اذا كان الطول الكلى $ا ب = ١٠٠$ سم وطول الجزء
 $هـ و = ١٥$ سم و فرق الجهد من $ا$ الى $ب = ١٠$ فولت فان
فرق الجهد من $هـ$ الى $و$

$$١٠٥ = \frac{١٠}{١٠٠} \times ١٠٠ = ١٠٥ \text{ فولت}$$

يمكن اثبات ذلك بالتجربة الآتية

تجربة (٣٧)

خذ سلكاً مستقيماً ذا مقاومة كبيرة طوله متر وشده بين
النقطتين $ا ب$ على مسطرة مدرجة وصل طرفيه $ا ب$ بقطبي
بطارية شكل (١٦٠) ثم صل الطرفين $ا ب$ ايضاً الى طرفي
فولتمتر وقرأ الفولتمتر



شكل (١٦٠)

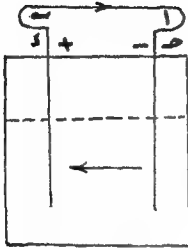
بعد ذلك وصل طرفي الفولتметр بنقطتين $هـ$ و $و$ على السلك.
واقراً الفولتметр واقراً أيضاً بواسطة المسطرة الطول $هـ$ و
تجد ان نسبة الطول $هـ$ الى الطول الكلى $ا ب$ = نسبة قراءات
الفولتметр عندما كان متصلاً بين $هـ$ و $و$ الى قراءته عند ما كان
متصلاً بين $ا$ و $ب$

يجب ان يتذكر الطالب ان صحة هذه القاعدة التي استنتجنا
منها جميع ما تقدم متوقف على ان شدة التيار ثابتة في جميع اجزاء
الدائرة ولهذا يجب في هذه التجربة الاخيرة ان تتأكد ان شدة
التيار ثابتة بأن تأخذ بطارية تعطي جهداً ثابتاً لمدة كافية لاجراء
التجربة

ستظهر اهمية ما تقدم عند التكلم عن طرق قياس المقاومات
وغيره كما سيأتى بعد

بند (١١٥) المقاومة الداخلية للبطاريات

نفرض كما في شكل (١٦١) ان $ا ب$ سلك يوصل بين القطبين
 $هـ$ و $و$ لعمود بسيط وان القطب الموجب $و$ القطب السالب



شكل (١٦١)

فيسمى التيار الكهربائي من و
في السلك ب ١ من ب الى ٢ ثم الى
القطب السالب م خارج العمود
ويتم هذا التيار مروره في
الدائرة متجها من اللوح السالب
م الى اللوح الموجب و داخل
العمود

وهذا التيار يعانى أثناء مروره في هذه الدائرة البسيطة مقاومتين
أساسيتين هما

أولاً - مقاومة السلك ١ و تسمى المقاومة الخارجية

ثانياً - مقاومة السائل في العمود وتسمى المقاومة الداخلية

ويمكن جعل المقاومة الخارجية اي مقدار نريد بتغيير
السلك ١ ب

اما المقاومة الداخلية فهي متعلقة بنوع السائل و سطح
الالواح المستعملة في العمود والمسافة بين اللوحين

فاذا زاد سطح اللوحين بان كان العمود كبير الحجم قلت
المقاومة الداخلية وكذلك اذا قرب اللوحان أحدهما من الآخر
قلت هذه المقاومة ولكن هذه العوامل لا تؤثر كثيراً في مقدار
هذه المقاومة الداخلية

وهاتان المقاومتان الخارجية والداخلية متصلتان على التوالي
فالمقاومة الكلية في الدائرة اذن هي مجموع هاتين المقاومتين

نفرض ان المقاومة الخارجية $= M_1$

وان المقاومة الداخلية $= M_2$

فتكون المقاومة الكلية $= M_1 + M_2 = M$

وبما ان العمود يعطى قوة دافعة كهربائية ثابتة المقدار تقريبا

فاذا فرضنا ان هذه القوة الدافعة (E . و . ك) ينتج ان التيارات

$$\frac{E}{M_1 + M_2} =$$

وبالنظر الى هذا الكسر نظرة اولى نجد ان بسطه مقدار

ثابت وان مقامه مجموع كميتين الاولى M_1 تتغير حسب الحاجة

والثانية M_2 ثابتة تقريبا

لهذا يكون اكبر مقدار لهذا الكسر هو المقدار الذى ينتج

من جعل $M_2 =$ صفرا وفي هذه الحالة يكون $\frac{E}{M_2} =$

$\frac{E}{M_2}$

اى ان النهاية العظمى للتيار الذى يمكن اخذه من عمود هي

مقدار القوة الدافعة الكهربائية مقسوما على المقاومة الداخلية

ولا يمكن بأي حال من الاحوال الحصول على مقدار من التيار

اكبر من ذلك

فمثلا اذا كان مقدار القوة الدافعة الكهربائية = ٥٠ فولت

والمقاومة الداخلية = ٢ أوم كانت النهاية العظمى للتيار = $\frac{٥٠}{٢}$

= ٢٥ أمبير

وبالرموز

$$\frac{٥٠}{٢} = \text{النهاية العظمى}$$

لهذا نرى ان مقدار اكبر تيار يمكن أخذه من عمود ما يتعلق

بمقدارين

اولا - مقدار القوة الدافعة وكلما كان هذا اكبر كان التيار اكبر

ثانيا - مقدار المقاومة الداخلية وكلما كان هذا أصغر كان التيار اكبر

من ذلك نرى أهمية جعل المقاومة الداخلية قليلة المقدار في
الاعمدة للحصول على مقدار كبير من التيار

وأغلب الاعمدة الابتدائية التي سبق شرحها يختلف مقدار
مقاومتها الداخلية بين $\frac{1}{٢}$ أوم و ٢ أوم وفي الوقت نفسه يختلف
مقدار القوة الدافعة لها بين ١ و ٢ فولت فيكون اكبر مقدار

للتيار الممكن أخذه من أقوى انواع هذه الاعمدة هو $\frac{٢}{١} = ٢$ أمبير

وهذا مقدار صغير للتيار يبين لنا نهاية قدرة هذه الاعمدة لارسال التيار الكهربائي في الدوائر ومن اجل هذا قد استغنى عن استعمال هذه الاعمدة في الاحوال العملية التي تستدعي مقادير عظيمة للتيار واستعمل بدلا منها البطاريات الثانوية أو المراكم التي سنشرحها بعد

ونذكر هنا للطالب ان هذه المراكم يمكن ان نحصل منها على تيار قدره مئات من الامبير وذلك لصغر مقدار مقاومتها الداخلية مع ان قوتها الدافعة الكهربائية ليست اكثر مما في بعض انواع الاعمدة الابتدائية وهي حول ٢ فولت للعمود الواحد

بند (١١٦) قصر الدائرة

اذا جعلنا المقاومة الخارجية صغيرة جدا بأن وصلنا بين قطبي العمود بسلك جيد التوصيل سمي هذا التوصيل قصر في الدائرة اذن قصر الدائرة للعمود هو توصيل قطبي هذا العمود بمقاومة خارجية قليلة جدا وفي هذه الحالة يكون التيار اكبر مما يمكن ومتعلقا بمقدار المقاومة الداخلية

وفي الاعمدة الابتدائية كعمود لكلائشيه ودانيل وغيرهما تكون المقاومة الداخلية مقدارا يعتد به فلا يمكن ان يكون مقدار التيار كبيرا بدرجة يخشى منه في هذه الدائرة غير ان تأثير ذلك على العمود يكون من شأنه ضعف هذا العمود ونقص قوته الدافعة الكهربائية ولكن لا يحصل التلف لهذا العمود الا اذا استمر ذلك زمنا كافيا

أما اذا كان مقدار المقاومة الداخلية صغيرا فان مقدار التيار قد يكون كبيرا بدرجة يخشى منه على اجزاء الدائرة لانه قد يحدث منه كمية من الحرارة في بعض اجزاء الدائرة كافية لحدوث اشتعال في هذا الجزء من الدائرة

وفي الاعمدة الثانوية التي يكون مقدار مقاومتها الداخلية صغيرا جدا بين $\frac{1}{10}$ و $\frac{1}{100}$ من الاوم اذا عمل هذا القصر في الدائرة ووصل القطبان بموصل جيد مر تيار قدره $2 \div \frac{1}{10}$ أو $200 \div \frac{1}{100}$ اي قدره ٢٠٠ او ٢٠٠٠ امبير وهذا مقدار كبير يحدث اخطارا جمة

واذا لم يكن هناك جزء من الدائرة الخارجية يخشى من احتراقه فان هذا يكون كافيا لتلف العمود نهائيا لهذا ننبه الطالب ان لا يوصل قطبي عمود بسلك من النحاس بغية معرفة ما اذا كان هذا العمود يحدث تيارا كهربائيا ام لا لان ذلك يتلف هذا العمود اذا كان من الاعمدة الثانوية ويضعفه لوقت ما اذا كان من الاعمدة الابتدائية

بند (١١٧) قصر الدائرة في المولدات

ليست اهمية قصر الدائرة هذا خاصا بالاعمدة بل بكل جهاز يولد قوة دافعة كهربائية

فمثلا في حالة الدينامو يكون من الخطر ان نوصل قطبيه بسلك موصل اثناء توليد قوته الدافعة الكهربائية ولنفرض ان

الدينامو يولد ١٠٠ فولت مثلاً وان مقاومته الداخلية تساوى ٢
اوهم فاذا ماوصلنا القطبين بسلك يمكن اهمال مقدار مقاومته ينتج
تيار قدره $100 \div 2 = 50$ امبير وهذا التيار يكون عادة
اكبر بعدة مرات من مقدار التيار الذى صمم الدينامو له فتحترق
اسلاك الدينامو الداخلية ويتلف

وزيادة على ذلك اذا فرض ومر هذا التيار فى جزء من الدائرة
الخارجية فان مقداره يكون عدة اضعاف ما تتحملة هذه الدائرة ولهذا
قد يحدث الخطر الذى ذكرناه سابقا من احتراق جزء من هذه الدائرة
ومنعا لمثل هذه الاخطار تستعمل دائماً المصهرات فى جميع
الاحوال العملية للتوصيلات الكهربائية وسيأتى ذكر ذلك
بتوسع فيما بعد

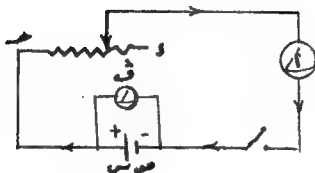
بند (١١٨) الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية للعمود

وفرق الجهد

ذكرنا فيما تقدم ان النهاية العظمى لفرق الجهد بين قطبي عمود
يسمى القوة الدافعة الكهربائية وهذا يحدث عند عدم اخذ اى تيار
من العمود والتجربة الآتية تثبت ذلك

تجربة (٣٨)

خذ عموداً قطباه س 6 ص ووصل بين قطبيه فولتمتر ف كما
فى شكل (١٦٢) وأقرأ الفولتمتر



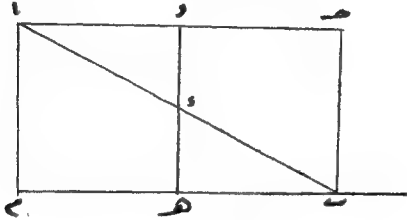
شكل (١٦٢)

بعد ذلك وصل القطب س الى الطرف هـ من مقاومة متغيرة هـ ، ووصل الطرف الثاني و من هذه المقاومة بامبير متر (١) ومن الطرف الثاني للامبير متر الى مفتاح ومن المفتاح الى القطب الآخر ص للعمود مع بقاء الفولتметр متصلاً بالقطبين بعد ذلك أقفل المفتاح فيمر التيار في الدائرة وعند ذلك أقرأ الأمبير متر وخذ عدة قراءات متتالية للامبير متر والفولتметр بتغيير مقدار المقاومة المتغيرة (هـ و) في الدائرة تلاحظ انه كلما زادت قراءة الامبير متر قلت قراءة الفولتметр وهذا يدل على ان زيادة مقدار التيار المأخوذ من عمود يتبعه نقص في مقدار فرق الجهد بين قطبيه
ويمكن وضع المقادير التي يبينها كل من الفولتتر والامبيرتر على شكل جدول كما يأتي :

الجهود	٢	١.٧٥	١.٥	١.٢٥	١	٠.٧٥
التيار	٠	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{4}$	١	$1\frac{1}{2}$

يمكن من هذا الجدول عمل الرسم البياني الآتي :

نرسم محورا أفقيا وآخر رأسيا يتقاطعان في نقطة م شكل (١٦٣)



شكل (١٦٣)

ونأخذ على المحور الرأسى مقادير فرق الجهد وعلى المحور الأفقى مقادير التيار من الجدول السابق ونصل جميع النقط التى احديناها في الجدول السابق فنجد أنها تقع تقريبا على مستقيم مثل ١ و ٢ واستقامة هذا الخط ١ و ٢ الجامع للنقط المذكورة متوقعة على المقاومة الداخلية للعمود لانه اذا كان مقدار هذه المقاومة مقدارا ثابتا مهما اخذ من هذا العمود من التيار فان الخط يكون مستقيما مضبوطا اما اذا كان مقدار المقاومة متغيرا فان الخط ١ و ٢ لا يكون مستقيما

وفي الجدول السابق قد فرضنا ثبوت مقدار المقاومة الداخلية واخذنا الاعداد بحيث تنتج مستقيما مضبوطا ومعنى ما تقدم أنه اذا فرض أن البعد m على المحور الأفقى

يمثل مقدار التيار في حالة ما وجب أن يكون \mathcal{H} مقدار فرق الجهد المقابل له في التجربة أو الجدول السابق

وأكبر مقدار لفرق الجهد هو \mathcal{M} من الشكل وهذا يحدث عند ما يكون التيار صفرا وقد قلنا أن هذا المقدار \mathcal{M} إذن يكون القوة الدافعة الكهربائية للعمود

وظاهر من الرسم أن زيادة التيار تقابلها قلة فرق الجهد حتى إذا وصلنا إلى النقطة \mathcal{B} التي فيها يقطع الخط البياني المحور الأفقي نجد أن عند هذه النقطة \mathcal{B} يكون مقدار التيار هو \mathcal{M} وهو أكبر تيار ومقدار فرق الجهد يساوي صفرا

نفرض في الشكل السابق أننا رسمنا من \mathcal{A} المستقيم الأفقي $\mathcal{A}\mathcal{B}$ ثم مددنا \mathcal{H} على إسقامته ليقابل $\mathcal{A}\mathcal{B}$ في ويكون $\mathcal{H} + \mathcal{H} = \mathcal{M}$ $\therefore \mathcal{H} = \mathcal{M} - \mathcal{H}$

$=$ القوة الدافعة — فرق الجهد

$\therefore \mathcal{H}$ وهو مقدار الجزء الذي فقد من القوة الدافعة الكهربائية في داخل العمود ويكون قد فقد إذن بسبب المقاومة الداخلية

ولهذا يكون مقدار المقاومة الداخلية للعمود مساويا مقدار ما فقد بسبب هذه المقاومة من الجهد مقسوما على مقدار التيار
(قانون أوم)

$$\therefore \frac{\mathcal{H}}{\mathcal{H}} = \frac{\mathcal{H}}{\mathcal{H}} = \text{ظا } \mathcal{A}$$

هذا يبين لنا لماذا اذا كانت المقاومة الداخلية ثابتة وجب أن يكون الخط البياني I و E مستقيما وذلك لان مقدار هذه المقاومة يساوى ظل الزاوية عند α ولكي يكون ظل الزاوية عند α ثابتا لجميع النقط مثل α و β و γ وجب أن يكون جميعها على مستقيم واحد

يمكننا أن نلخص النتائج التي يجب علينا معرفتها في ما ياتي

أولا — فرق الجهد الكهربائي للعمود يكون اكبر ما يمكن عند ما يكون التيار صفرا وفي هذه الحالة يسمى فرق الجهد هذا بالقوة الدافعة الكهربائية

ثانيا — كلما زاد مقدار التيار المأخوذ من العمود قل فرق الجهد له

ثالثا — يكون التيار اكبر ما يمكن عند وصول فرق الجهد الى مقدار الصفر وفي هذه الحالة تفقد جميع القوة الدافعة الكهربائية للعمود في امرار التيار في المقاومة الداخلية

رابعا — القوة الدافعة الكهربائية في جميع الاحوال تساوى مجموع فرق الجهد المقاس بالفولتمتر مضافا الى الجزء من الجهد الذي صرف في داخل العمود لاررار التيار في المقاومة الداخلية

خامسا — اذا كان مقدار المقاومة الداخلية ثابتا وزاد التيار بمقادير متساوية قل الجهد ايضا بمقادير متساوية ومعنى هذا بالرسم البياني أن الخط البياني الذي يمثل العلاقة بين الكميتين (التيار و فرق الجهد) يكون مستقيما

والآن يمكننا أن نبحث المسألة رياضيا كما يأتي
نفرض أن مقدار القوة الدافعة الكهربائية للعمود $= \mathcal{E}$
وأن المقاومة الخارجية $= R$ والداخلية $= r$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

بما أن $R =$ مقدارا ثابتا فرضا ومقدار r متغير
∴ ت يكون أكبر ما يمكن عند ما يكون r صفرا وقد
ذكرنا ذلك من قبل

أيضا من المعادلة السابقة ينتج أن $I = \mathcal{E} / (R + r)$
أو $\mathcal{E} = I(R + r)$

∴ نرى أن \mathcal{E} (الجهد الكلى) انقسم الى جزئين أحدهما
 $I R$ وهذا الجزء من الجهد هو الذى يقرأه الفولتметр الموصل
بين قطبي العمود ويسمى فرق الجهد الخارجى وهذا الذى ننتفع به
أما الجزء الثانى $I r$ فهو الذى يفقد فى إمرار التيار فى المقاومة
الداخلية ولا ينتفع به

ملاحظة — التجربة الأخيرة تعمل لعمود ابتدئى لأن مقدار
مقاومته الداخلية كبير بدرجة تظهر فرقا بين القوة الدافعة وفرق
الجهد وزيادة على ذلك فإنه عند جعل المقاومة الخارجية صفرا
أى عند قصر الدائرة لا ينتج ضرر يذكر ولكن إذا عملت على

عمود ثانوي فان الدائرة التي تستعمل لاجراء التجربة تحتاج الى ترتيب خاص لان الفرق بين القوة الدافعة وفرق الجهد يكاد لا يذكر حتى في حالة أخذ تيار كبير وزيادة على ذلك يجب أن لا يعمل أي قصر في الدائرة والاتلف العمود المقاومة الداخلية الكلية لعدة اعمدة مكونة بطارية

بند (١١٩) التوصيل على التوالي

قلنا سابقا إن في هذه الحالة تكون شدة التيار واحدة في جميع الاعمدة وان فرق الجهد للمجموعة يساوي مجموع فروق الجهد لجميع الاعمدة ونزيد الآن أن المقاومات الداخلية لهذه الاعمدة في هذه الحالة تكون متصلة على التوالي ولذلك تكون المقاومة الداخلية الكلية للبطارية تساوي مجموع المقاومات الداخلية لجميع الاعمدة فاذا فرض ان مقادير هذه المقاومات الداخلية هي $m_1, m_2, m_3, \dots, m_n$ فان المقاومة الداخلية الكلية M يجب ان تكون

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n$$

واذا فرض وكان عدد الاعمدة n وجميعها متساوية في مقدار المقاومة الداخلية

فان $M = n \times m$ بفرض ان m المقاومة الداخلية للعمود الواحد

كذلك اذا كانت جميع الاعمدة متساوية في القوة الدافعة

الكهربائية وكان مقدار ذلك للعمود الواحد $= \mathcal{M}$ وعدد الأعمدة \mathcal{N} فإن القوة الدافعة الكهربائية للبطارية $= \mathcal{M} \times \mathcal{N}$ وإذا كان بالدائرة لهذه البطارية مقاومة خارجية قدرها \mathcal{R} كانت المقاومة الكلية للدائرة

$$\mathcal{M} = \mathcal{M} \mathcal{N} + \mathcal{R} \times \mathcal{N}$$

ويكون مقدار التيار

$$\mathcal{I} = \frac{\mathcal{M} \times \mathcal{N}}{\mathcal{M} \mathcal{N} + \mathcal{R} \times \mathcal{N}}$$

وبقسمة حدي الكسر على \mathcal{N} ينتج أن

$$(1) \quad \mathcal{I} = \frac{\mathcal{M}}{\mathcal{M} + \mathcal{R}}$$

ولكننا من العمود الواحد نأخذ مقدارا من التيار قدره

$$(2) \quad \mathcal{I} = \frac{\mathcal{M}}{\mathcal{M} + \mathcal{R}}$$

لذلك نرى من المعادلتين السابقتين (١) و (٢) أن جمع عدة أعمدة على التوالي يعطى تيارا أكبر فقط إذا كان \mathcal{R} مقدارا كبيرا بالنسبة الى \mathcal{M} أي إذا كانت المقاومة الخارجية كبيرة بالنسبة للمقاومة الداخلية للعمود الواحد ولنضرب مثلا بالأعداد كما يأتي :—

نفرض أن العمود الواحد جهده ٢ فولت وأن مقاومته الداخلية تساوي ٢ أوم وأن المقاومة الخارجية $= \frac{1}{3}$ أوم فيكون التيار من العمود الواحد :

$$I = \frac{2}{2 + \frac{1}{3}} = \frac{2}{2.33} = 0.852 \text{ أمبير}$$

فاذا استعملنا عشرة أعمدة على التوالي لهذه الدائرة ينتج أن

$$I = \frac{2 \times 10}{2 \times 10 + \frac{1}{3}} = \frac{20}{20.33} = 0.995 \text{ أمبير}$$

وهذا الفرق يكاد لا يذكر فلا فائدة من التوصيل على التوالي
نضرب المثال الآخر الذي تظهر فيه فائدة التوصيل على
التوالي

نفرض أن جهد العمود الواحد $= 2$ فولت وأن مقاومته الداخلية $= 3$ أوم وأن المقاومة الخارجية $= 10$ أوم فيكون مقدار التيار من العمود الواحد

$$I = \frac{2}{3 + 10} = \frac{2}{13} = 0.154 \text{ أمبير}$$

أما إذا استعملنا عشرة أعمدة على التوالي فإن

$$I = \frac{10 \times 2}{10 \times 3 + 10} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ أمبير}$$

والفرق بين المقدارين كبير يبين عظم فائدة هذا النوع من التوصيل في هذه الحالة

بند (١٢٠) التوصيل على التوازي

شرحنا هذا فيما سبق وقلنا أن فرق الجهد الكلى للمجموعة هو فرق الجهد للعمود الواحد وأن شدة التيار المتحصل من المجموعة يساوى مجموع الشدة لكل عمود

ونزيد الآن على ذلك أن المقاومة الداخلية للمجموعة تصبح أقل من المقاومة الداخلية للعمود الواحد لأنها مقومات متصلة على التوازي فإذا كان مقدار المقاومة الداخلية للعمود الواحد = m وكان عدد الأعمدة n فإن المقاومة الداخلية الكلية m تأتى من المعادلة السابق اثباتها وهى :

$$\frac{1}{m} + \frac{1}{m} + \frac{1}{m} = \frac{1}{m}$$

$$\therefore \frac{2}{m} = \frac{1}{m}$$

$\therefore m = \frac{m}{2}$ أى ان المقاومة الكلية تساوي مقاومة العمود

الواحد مقسوما على الأعمدة

\therefore لو كان مقدار المقاومة الخارجية m

$$\frac{m}{2} + m = \text{ينتج ان التيار}$$

ويمكن بالطريقة التي شرحناها بالاعداد في البند السابق ان يبرهن الطالب لنفسه على ان هذا النوع من التوصيل يجعل مقدار التيار من البطارية اكبر من مقداره من العمود الواحد اذا كان مقدار المقاومة الخارجية صغيرا بالنسبة للمقاومة الداخلية للعمود الواحد

ويمكن بالبرهان النظري اثبات ان اكبر مقدار يمكن الحصول عليه من التيار هو الذي يكون فيه مقدار المقاومة الخارجية مساويا للمقاومة الداخلية لمجموعة الاعمدة

بند (١٢١) التوصيل على التضاعف

في هذه الحالة تنقسم المجموعة كما بينا الى عدة مجموعات اعمدة المجموعة الواحدة تتصل على التوالي والمجموعات مع بعضها تتصل على التوازي

فاذا فرضنا ان عدد الاعمدة جميعا هي n وانها قسمت الى عدد من المجموعات قدرها m بحيث ان اعمدة المجموعة الواحدة تتصل على التوازي فينتج ان عدد الاعمدة في المجموعة الواحدة

$$= \frac{n}{m} \text{ متصلة على التوالي } = \text{ص مثلا}$$

$$\therefore \text{ص} \times \text{ص} = n$$

نفرض ان المقاومة الداخلية $= m$ للعمود الواحد

\therefore مقاومة المجموعة الواحدة $= m \times \text{ص}$

ومقاومة البطارية اى المجموعات جميعها التى عددها s

متصلة على التوازي :

$$= \frac{M \times V}{S}$$

$$= \frac{M \times V}{S}$$

$$\therefore \text{التيارات} = \frac{M \times V}{\frac{M \times V}{S} + M}$$

$$= \frac{M \times V}{\frac{M \times V}{S} + M}$$

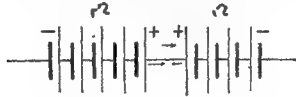
وبما أن $S \times M =$ مقدار ثابتا هو عدد الأعمدة جميعها
فيمكن إثبات أن t يكون أكبر ما يمكن في الحالة التي فيها

$$\frac{M}{S} = \frac{M}{S}$$

$$\frac{M \times V}{S} = M \times V$$

أي أن المقاومة الداخلية تساوي الخارجية
ويمكن إثبات ذلك بالرسم البياني أو بالجبر أو بحساب التفاضل
بند (١٢٥) وهناك نوع من التوصيل يسمى التوصيل على
التضاد وفي هذه الحالة يوصل عدد من الأعمدة n على التوالي

والباقى من الأعمدة وعدده \mathcal{E}_2 على التوالى أيضا ثم توصل المجموعتان



شكل (١٣٤)

على التضاد بحيث يكون القطب الموجب للمجموعة الأولى متصلاً بالموجب للمجموعة الثانية ويكون القطبان الخالصان هما القطبان السالبان للمجموعتين

$$\begin{aligned} \text{فتكون القوة الدافعة للكهربائية الكلية} &= \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 \\ \mathcal{E}_1 \times \mathcal{M}_1 = \mathcal{E}_2 \times \mathcal{M}_2 & \text{ وذلك لأن } \mathcal{E}_1 \text{ أكبر من } \mathcal{E}_2 \\ \text{والمقاومة الداخلية للمجموعتين معا} &= \mathcal{M}_1 + \mathcal{M}_2 \\ \mathcal{M}_1 &= (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2) \end{aligned}$$

$$\therefore \text{شدة التيار} = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية الكلية}}{\text{المقاومة الكلية للدورة}}$$

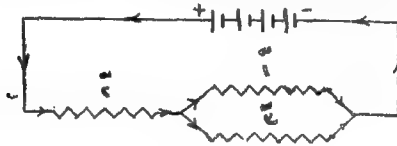
$$= \frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2}{\mathcal{M}_1 + (\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2)}$$

بفرض ان \mathcal{M}_2 المقاومة الخارجية للدورة

مثال تطبيق :

بطارية مكونة من أربعة أعمدة موصلة على التوالى القوة

الدافعة الكهربائية لنكل منها ٢ فولت والمقاومة الداخلية ٢.٠
أوم تغذي دائرة كهربائية مكونة من مقاومة ٢ أوم متصلة



(شكل ١٦٤)

بالتوالى مع مقاومتين ١ أوم و ٣ أوم متصلتين بالتوازي والمطلوب
معرفة شدة التيار الكلية المارة بالدائرة كذا شدة التيار المارة بكل
مقاومة والضغط على طرفي كل مقاومة

الحل

$$\text{الضغط الكلى للبطارية} = ٢ \times ٤ = ٨ \text{ فولت}$$

$$\text{شدة التيار الكلية} = \frac{\text{الضغط الكلى}}{\text{المقاومة الكلية}}$$

ولكن المقاومة الكلية = المقاومة الكلية الداخلية
للبطارية + المقاومة الكلية الخارجية للدائرة

$$\text{المقاومة الكلية الداخلية للبطارية} = ٢.٠ \times ٤ = ٨.٠ \text{ أوم}$$

والمقاومة الكلية الخارجية للدائرة = ٢ أوم + مجموع
المقاومتين ١ و ٣ المتصلتين بالتوازي

ولكن مجموع المقاومتين ١ و ٢ تأتى من القانون

$$\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r}$$

أي $\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$.
 . المقاومة الكلية الخارجة للدائرة $= 2 + 0.75 = 2.75$ أوم

$$\text{شدة التيار الكلية} = \frac{8}{2.75 + 0.8} = \frac{8}{3.55} = 2.25 \text{ أمبير}$$

الشدة المارة بمقاومة ٢ أوم = الشدة الكلية بالدائرة لأنها
 متصلة بالتوالي $= 2.25$ أمبير

ولايجاد الشدة المارة بكل من ١ أوم و ٣ أوم المتصلين
 بالتوازي نقسم المقدار الكلى للتيار الى مقدارين نسبتها كنسبة ١ : ٣ .
 . أحد القسمين $= \frac{1}{4} \times 2.25 = 0.563$ أمبير

والقسم الآخر $= \frac{3}{4} \times 2.25 = 1.59$ أمبير
 والمقدار الأول يمر فى المقاومة ٣ أوم والثانى يمر فى
 المقاومة ١ أوم

ولايجاد الضغط أو الجهد لكل مقاومة نستعمل قانون
 أوم فيكون الضغط للمقاومة ٢ أوم $= 2 \times 2.25 = 4.5$ فولت
 والضغط لكل من المقاومتين المتصلتين على التوازي يكون
 واحدا للمقاومتين $= 1 \times 1.59 = 1.59$ فولت
 $= 3 \times 0.563 = 1.69$ فولت أيضا

مثال آخر :

دائرة مصابيح محتوية على ٤٢ مصباحا متصلة بالتوازي تحت جهد قدره ١٠٠ فولت ومقاومة كل مصباح ١٥٠ أوهم أوجد شدة التيار الكهربائي المار بالمصابيح كذا مقدار القدرة الكهربائية

الحل

المقاومة الكلية للمصابيح تأتي من القانون

$$\frac{1}{R_{\text{ك}} + \dots + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1}} = \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{150} \times 42 = \frac{1}{3.57}$$

$$\frac{42 \times 100}{150} = \frac{100}{3.57} = \text{شدة التيار الكهربائي المار بالمصابيح}$$

$$= 28 \text{ أمبير}$$

القدرة الكهربائية = الضغط \times الشدة

$$= 28 \times 100 = 2800 \text{ وات}$$

مثال آخر : ثلاث مقاومات متصلة بالتوالي مقدارها

١٥٠ أوهم و ٢٠٠ أوهم و ٢٥٠ أوهم في دائرة كهربائية ضغطها

١٥٠ فولت أوجد الضغط على طرف كل مقاومة ومقدار

القدرة المفقودة في الدائرة

الحل

المقاومة الكلية = $150 + 2 + 250 = 402$ أوهم

شدة التيار المارة بالنائرة $= \frac{10}{25} = 0.4$ أمبير

الضغط على طرف المقاومة $100 = 25 \times 100$

الضغط على طرف المقاومة ٢ أوهم $= 25 \times 2 = 50$ فولت

• ۶۲۵ = ۲۵ × ۲۵ = ۲۵ اوهم • • •

والقدرة المفقودة في الدائرة $= 25 \times 150 = 3750$ واط

$$= 750 \text{ ر ۳ کلووات}$$

مثال آخر : اوجد مقاومة سلك من النحاس طوله ١٠٠٠

باردة وسطح قطاعه بوصة مربعة اذا كانت المقاومة النوعية

للنحاس ٦٦ر. ميكرو أوهم للبوصة المكعبة

الحل

$$\text{المقاومة} = \text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{الطول}}{\text{سطح القطاع}}$$

$$\text{م.ر.أ.م} = \frac{12 \times 3 \times 1000}{1} \times \frac{0.266}{10} =$$

مثال آخر: سلك من النحاس مقاومته ١٠.٤٥ أوم وسطح

قطاعه ٤. ر بوصة مربعة والمطلوب معرفة طوله اذا كانت مقاومته

النوعية ٢٦٠. ميكرو أوهم للبوصة المكعبة

— ٢٩٩ —

$$\frac{\text{الطول بالبوصة}}{٠.٢٦} \times \frac{١.٠}{٦} = ١٠.٤٥$$

$$\therefore \text{الطول} = \frac{٠.٢٦ \times ١٠ \times ١٠.٤٥}{٠.٢٦} = ٦٣٣٦٠ \text{ بوصة}$$

$$= \frac{٦٣٣٦٠}{١٧٦٠ \times ٣ \times ١٢} = \text{ميل واحد تقريبا}$$

مثال آخر : سلك من النحاس طوله ٢٨ قدما وقطره ٠.٣٦ ر.
بوصة ومقاومته ٢٣١ ر. أوهم أوجد مقاومته النوعية

$$\frac{١٢ \times ٢٨}{\frac{٢٢}{٧} \times \frac{٠.٣٦ \times ٠.٣٦}{٤}} \times \text{المقاومة النوعية} = ٢٣١ \text{ ر.}$$

$$\text{المقاومة النوعية} = \frac{٢٢ \times ٠.٣٦ \times ٠.٣٦ \times ٢٣١}{٧ \times ٤ \times ١٢ \times ٢٨}$$

٠.٠٠٠٠٠٧ ر. أوهم للبوصة المكعبة

أو = ٧ ر. ميكرو أوهم للبوصة المكعبة

$$\text{لان الميكرو أوهم} = \frac{١}{\text{مليون}} \text{ من الاوهم} = \frac{١}{٦} \text{ أوهم}$$

بند (١٢٣) الاصطلاحات المتبعة لرسم الدوائر الكهربائية :

(١) الينبوع الكهربائي

اما ان يكون هذا الينبوع بطارية كهربائية فتبين كما في شكل (١٦٥) ويكون قطبها الموجب + والسالب - ويترك جزء



شكل (١٦٥)

خال في الوسط لكي يدل على ان عدد الاعمدة المكونة للبطارية
اكثر مما هو ظاهر في الشكل

واما ان يكون الينوع مولدا اودينامو فيبين كما في شكل (١٦٦)
للتيار المستمر او كما في شكل (١٦٧) للتيار المنعكس
(ب) المقاومة : تبين هذه عادة بخط منكسر كما في شكل (١٦٨)



شكل (١٦٧)



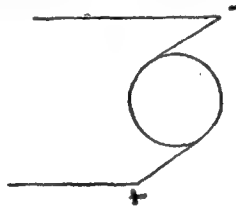
شكل (١٦٨)



شكل (١٦٩)



شكل (١٧٠)



شكل (١٦٦)

اذا كانت هذه المقاومة
ثابتة المقدار وتبين كما في
شكل (١٦٩) اذا كانت
متغيرة المقدار

(م) جهاز قياس شدة
التيار : ويسمى الامبير متر
ويرسم كما في شكل (١٧٠)

بدائرة وسطها الحرف ا الذي هو أول كلمة أمبير متر



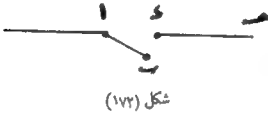
(س) جهاز قياس الجهد أو

الضغط : ويسمى الفولتمتر ويرسم

كما في شكل (١٧١) بدائرة وسطها

الحرف ث أو كلمة فولتر

(هـ) المفتاح البسيط : يبين كما في شكل (١٧٢) بخط مستقيم



يبعد عن آخر يميل عليه

قليلا بحيث لا يتصلان

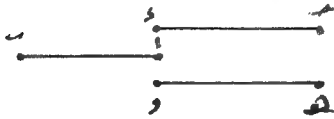
إذا كانت الدائرة مفتوحة

ولا يمر التيار والجزء

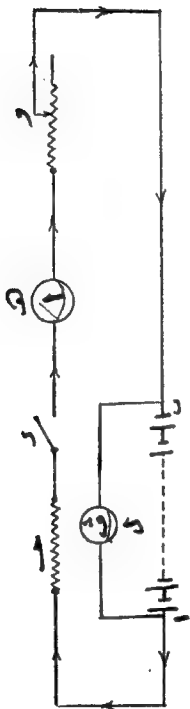
المتحرك هو ا ب بحيث اذا رفع الى اعلى واتصلت ب بالنقطة و

قفلت الدائرة و مر التيار واما المفتاح ذو الطريقين فانه يبين كما في

شكل (١٧٣) والجزء المتحرك هو ا ب



شكل (١٧٣) .



بحيث اذا رفع الى اعلى كان
الاتصال من ب الى هـ

واذا انخفض الى اسفل كان
الاتصال بين ب الى هـ

وانواع هذه المفاتيح المختلفة
سيأتى ذكرها بعد

وللتطبيق على ما ذكرنا شرح

الرسم المبين بشكل (١٧٤)

شكل (١٧٤)

فهذا الرسم يبين بطارية قطباها

ب و ا ومقاومة ثابتة هـ ومفتاح

و وامبير متر هـ ومقاومة متغيرة و

وفولت متر ف

يلاحظ ان جميع اجزاء

الدائرة متصلة على التوالي ما عدا

الفولت متر فانه متصل على التوازي

مع البطارية

أسئلة

- (١) اشرح قانون أوم وبين الاوضاع المختلفة له
(٢) اشرح بالتفصيل الفرق بين المقاومة والمقاومة النوعية

لمعدن ما

- (٣) كيف تتغير مقاومة سلك بتغير طوله وسطح قطاعه
(٤) أوجد المقاومة الكلية لثلاث مقاومات مقدارها ١ أوم

٢ أوم ٣ أوم

- (أولا) اذا وصلت بالتوالى (ثانيا) اذا وصلت بالتوازي

(الجواب ٦ أوم و ٣ أوم)

- (٥) أوجد المقاومة الكلية للمجموعة الآتية (مقاومة قدرها

٢ أوم متصلة بالتوازي مع مقاومة قدرها ٥ أوم والاثنين

متصلتين بالتوالى مع مقاومة قدرها ١٢ أوم)

(الجواب ١٣ أوم)

- (٦) اذا كانت مقاومة سلك بطول معلوم من النحاس سطح قطاعه

٠.٠٣ سم مربع هي ٧٢ أوم فكيف تكون مقاومة سلك آخر

طوله مساو الى طول السلك الاول و سطح قطاعه ١٨ ر.٠

سم مربع

(الجواب ١٢)

- (٧) اذا كانت المقاومة التى قدرها أوم واحد تساوي بالتقريب

مقاومة عمود من الزئبق طوله ١٠٦ سنتيمتر و سطح قطاعه

مليمترا مربعا عند درجة صفر مئوى فكيف تكون مقاومة عمود

من الزئبق طوله متر واحد وسطح قطاعه ٠.٥ ر. ملليمتر مربع

(الجواب ١٨٨)

(٨) اذا كانت مقاومة سلك من النحاس طوله ١٧٦٠ ياردة

وقطره ٠.١٣٤ بوصة هي ٣١٢٨ أوهم فأوجد مقاومة ٤٤٠

ياردة من معدن هذا السلك قطره ٠.٦٥ بوصة

(الجواب ١٢٦٦)

(٩) دائرة مكونة من ٦ أعمدة متشابهة متصلة على التوالي بسلك

مقاومته ١٠٠ أوهم فرق الجهد لكل عمود هي ١٨ فولت

ومقاومته الداخلية ٥٠ أوهم فأوجد القوة الدافعة لكل عمود

(الجواب ١٨٥٣٥)

(١٠) اذا كان العمود الواحد من أعمدة جروف له فرق جهد

قدره ١٨ فولت ومقاومته الداخلية = ٠.٧ ر. أوهم فكم عمودا

يلزم لمرور تيار كهربائي مقداره ١٠ أمبير في دائرة كهربائية

مقاومتها ٢٢٢ أوهم

(الجواب ٢٢٠)

(١١) اذا كانت المقاومة النوعية لمعدن البلاتين ٦ أمثالها لمعدن

النحاس فكم تكون نسبة قطري سلكين من معدن البلاتين

والنحاس طولها واحد ومقاومتها واحدة (الجواب ٦)

(١٢) مقاومتان متصلتان بالتوازي تحت جهد قدره ٥٠ فولت ويمر

بهما تيار شدته ١٥ أمبير فاذا كان مقدار القدرة لاحدهما هي

٤٥٠ واط فأوجد قيمتهما بالاهم (الجواب ٥٤ ٨٦)

- (١٣) مصباحان مقاوماتهما ١٠٠ أوهم و ١٥٠ أوهم متصلان بالتوازي مع بعضهما والاثنين متصلين بالتوالي مع مصباح مقاومته ١٠٠ أوهم أوجد القوة الدافعة الكهر بائية اللازمة عندما تستهلك قدرة قدرها ١٥٠ وات (الجواب ٢٠٠ فولت)
- (١٤) دائرة مصابيح محتوية على ٥٠ مصباحا متصلة بالتوازي تحت جهد قدره ١٢٠ فولت ومقاومة كل مصباح ٢٠٠ أوهم أوجد شدة التيار الكهربي المار بالمصابيح كذا مقدار القدرة الكهر بائية (الجواب ٣٠ أمبير و ٣٦٠٠ وات)
- (١٥) ثلاث مقاومات متصلة بالتوالي مقدارها ٢ و ٣ و ٤ أوهم في دائرة كهر بائية جهدها ٢٠٠ فولت أوجد الجهد على طرف كل مقاومة ومقدار القدرة المفقودة في الدائرة (الجواب $\frac{4}{3}$ و $\frac{16}{3}$ و $\frac{16}{3}$ و $\frac{4}{3}$ و $\frac{16}{3}$ و $\frac{4}{3}$)
- (١٦) اذا كانت المقاومات المذكورة في المثال السابق متصلة بالتوازي فأوجد مقدار الشدة المارة بكل مقاومة (الجواب ١٠٠ و $\frac{16}{3}$ و ٥٠)
- (١٧) دائرة مكونة من أربعة مصابيح قوسية متصلة بالتوالي جهد كل مصباح ٥٥ فولت وشدته ٦ أمبير متصلة بينوع كهر بائي جهده ٢٥٠ فولت والمطلوب معرفة قيمة المقاومة المطلوب وضعها بالتوالي مع المصابيح (الجواب ٥ أوهم)
- (١٨) أوجد سطح قطاع سلك يحمل تيارا شدته ٦٥ أمبير لمسافة ٣٠٠ ياردة اذا كان الضنيط المفقود في السلوك هو ٢٠

فولت مع العلم بأن المقاومة النوعية للنحاس ٠.٢٦ ميكرو
أوهم للبوصة المكعبة (الجواب ٠.٣٨٩)

ملحوظة (الطول يضرب في ٢ لأن هناك سلكين سلك
ذهاب وآخر لإياب لسير التيار)

(١٩) عمارة قضاء بعدد من المصابيح قدرها ٣٠٠ جهد كل
مصباح ٢٢٠ فولت وتبعد عن المحطة الكهربائية بمقدار
٣٥٠ ياردة والشدة اللازمة لكل مصباح ٠.١٥ أمبير وسطح
قطاع السلوك الموصلة ٠.٠٤ بوصة مربعة أو وجد الجهد عند
المحطة الكهربائية (الجواب ٢٤٠)

(٢٠) مولد يغذي منزلا به ١٠٠ مصباح شدة التيار اللازمة لكل
مصباح ٠.٢ أمبير والمنزل يبعد عن المولد بمسافة ٣٠٠ ياردة
والمطلوب معرفة سطح قطاع السلوك الموصلة إذا كان المفقود
بالسلوك ٥٪ من القدرة الكهربائية مع العلم بأن المصابيح
متصلة بالتوازي تحت جهد قدره ٢٠٠ فولت وأوجد أيضا
ضغط المولد (الجواب ٠.٢٧٥ ر ٢١٠.٦)

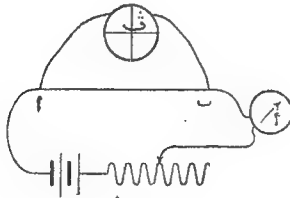


الباب السادس

طرق قياس المقاومة

بند (١٢٤) طريقة قياس المقاومة بواسطة أمبير متر وفولت متر

هذه الطريقة هي أبسط الطرق العملية لقياس قيمة أي مقاومة وكيفية ذلك هي أن توصل المقاومة (١-٢) المراد قياس مقدارها في دائرة كهربائية كالمبينة (بشكل ١٧٥) محتوية على مقاومة منظمة لتنظم شدة التيار وأمبير متر ليسجل قيمته وفولت متر على طرفي المقاومة ليسجل فرق الجهد بين طرفيها. وتطبيق قانون أومهم تكون :



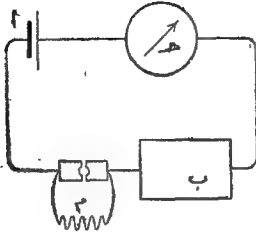
شكل (١٧٥)

$$\frac{\text{قراءة الفولتметр}}{\text{قراءة الأمبير متر}} = \text{المقاومة المطلوبة}$$

ولكن هذه الطريقة لاتنى أحيانا بالغرض المطلوب فإذا كان مقدار المقاومة كبيرا والجهد مقداره قليل فتكون شدة التيار صغيرة جداً ونكون معرضين وقت القراءة لجهاز الأمبير متر للخطأ لأنه لو أخذت قراءة غير صحيحة ناشئة من التقريب تسبب عن ذلك خطأ كبير في قياس المقاومة كذلك أيضا إذا كانت شدة التيار المارة بالدائرة كبيرة فإن درجة حرارة السلك المراد قياس مقاومته ترتفع وهذه الحرارة تؤثر على مقدار المقاومة لذلك عملت أجهزة حساسة لقياس قيمة المقاومات مهما كانت قيمتها

بند (١٢٥) طريقة قياس المقاومة بالتعويض

توصل المقاومة المراد قياس قيمتها في دائرة كهربائية كالمبينة بشكل (١٧٦) محتوية على عمود ابتدائي (أ) كينبوع كهربائي يغذي دائرة محتوية على صندوق مقاومات (ب) متصل بالتوالي مع جلفانومتر (م) وأيضا مع المقاومة (م) المطلوب قياسها وهذه المقاومة موضوعة على طرفي خوصتين متجاورتين يمدن انفصالهما عن بعضهما بقطعة نحاس مخروطة الشكل بحيث إذا رفعت هذه القطعة من تيار الدائرة بالمقاومة وإذا لم ترفع لا يمر التيار بها



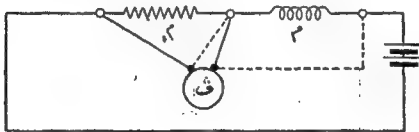
شكل (١٧٦)

فعندما يمر التيار بها يلاحظ انحراف الجلفانومتر وعند عدم مرور التيار بها يصير وضع جملة مقاومات من الصندوق في الدائرة حتى يصير انحراف الجلفانومتر مساويا تماما لقراءته الأولى

فتكون اذن قيمة المقاومة تساوى قيمة المقاومات المعلومة من صندقه ق المقاومات

بند (١٢٦) طريقة قياس المقاومة بواسطة مقاومة معلومة :

توصل المقاومة المراد قياسها (م) بالتوالى مع مقاومة معلومة (م) في دائرة كهربائية كما هو مبين بشكل (١٧٧)



شكل (١٧٧)

وبواسطة فولتمتر واحد يمكن معرفة فرق الجهد على طرفي المقاومة

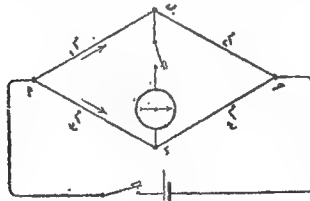
المجهولة وليكن m وأيضا على طرفي المقاومة المعلومه وليكن n
 فيكون $\frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المعلومه}}{\text{قيمة المقاومة المعلومه}} = \frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المجهولة}}{\text{قيمة المقاومة المجهولة}}$ يساوى

$$\frac{m}{n} = \frac{1}{2} \text{ أي}$$

وحيث أن هناك ثلاثة معالم معروفة من التجربة فيمكن
 إيجاد المجهول الرابع من التناسب المذكور

بند (١٢٧) طريقة قياس المقاومة بواسطة كبرى ويت ستون

هذه الطريقة هي المستعملة بكثرة نظرا لدقتها ونظريتها كالاتي
 اذا فرض ان النقطتين ١ و ٢ شكل (١٧٨) اتصلتا بفرعين
 ب و ٢ و ٢ و ٢ بالتوازي وكان المراد ارسال تيار كهربائي من



شكل (١٧٨)

النقطة ١ الى النقطة ٢ فالت هذا التيار يتجزأ بين الفرعين
 ١ ب و ١ و ٢ ومن الشرح السابق بخصوص سقوط الجهد في
 الموصلات يمكن إيجاد نقطة مثل وفي الفرع ١ و ٢ جهدها يساوى
 جهد النقطة ب في الفرع ١ ب و ٢ وفي هذه الحالة ينتج ان فرق
 الجهد من ١ الى ٢ يساوى فرق الجهد من ١ الى ٢ وينتج أيضاً أن
 نسبة مقاومة الجزء ١ و ٢ الى الجزء ٢ و ٢ تساوى نسبة مقاومة الجزء
 ١ ب الى الجزء ١ ب و ٢

فاذا فرضنا ان مقاومة الطول ١ ب = م، ١ ب = م، ١ ب = م
 ١ و ٢ = م، ١ ب = م، ١ ب = م، وان الجهد عند ب = الجهد عند و
 ينتج أن : —

$$\frac{م + م}{م} = \frac{م + م}{م} \text{ أو } \frac{م}{م + م} = \frac{م}{م + م}$$

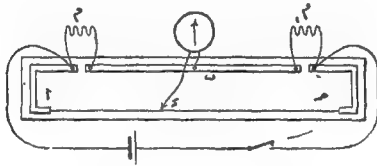
$$\frac{م}{م} = \frac{م}{م} \text{ أو } \frac{م}{م} = \frac{م}{م} \cdot \frac{م}{م} + ١ = \frac{م}{م} + ١$$

ومن هذه المعادلة يمكن إيجاد مقدار احدى المقاومات اذا
 علمت مقادير الثلاث الاخرى

وتطبيقاً على نظرية ويت ستون هذه عمل جهازان شهيران
 هما «أولاً» السلك المترى «ثانياً» صندوق مصلحة البوسطة

بند (١٢٨) طريقة قياس المقاومة بواسطة جهاز السلك المترى

يتكون جهاز السلك المترى من ثلاث خوص نحاسية منفصلة عن بعضها ومتصلة بسلك من النحاس (١ هـ) طوله متر ومساحة مقطعة المستعرض مليمتر مربع وبجواره مسطرة مدرجة وتوضع المقاومة المعلوم (م) والمقاومة المجهولة (م) بين انفصال قطع النحاس شكل (١٧٩) وفي وسط قطعة النحاس الوسطى النقطة (ب)



شكل (١٧٩)

يثبت بها سلك أحد طرفي الجلفانومتر وسلك طرفه الآخر متصل بنقطة (و) تتحرك على طول السلك ١ هـ

فإذا مر التيار الكهربائي وحركت النقطة (و) الى موضع كان انحراف الجلفانومتر عنده صفر يكون الجهد عند (ب) مساو الى الجهد عند (و)

$$\frac{\text{مقاومة السلك الذى طوله ١ هـ}}{\text{مقاومة السلك الذى طوله ٢ هـ}} = \frac{م}{م}$$

وبما أن $\frac{\text{مقاومة السلك } ١}{\text{مقاومة السلك } ٢} = \frac{\text{الطول } ١}{\text{الطول } ٢}$ لأن معدنها واحد
وسطح مقطعها المستعرض واحد

$$\frac{\text{الطول } ١}{\text{الطول } ٢} = \frac{٢}{١} \therefore \frac{\text{الطول } ١}{\text{الطول } ٢} \times ١ = ٢$$

وحيث أن ٢ معلومة قيمتها وإن الطول ١ و ٢ و ٣ يمكن
معرفة من المسطرة المدرجة إذن يمكن معرفة قيمة المقاومة
المجهولة ٣ من التناسب المذكور

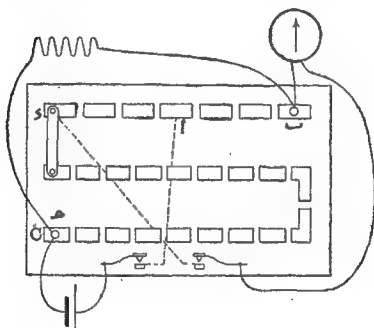
بند (١٢٩) طريقة قياس المقاومة بواسطة صندوق
مصلحة البوستة

في هذه الطريقة يستعمل صندوق مركب من جملة ملفات
معلومة مقاوماتها وموضوعة بحيث تكون ثلاث أذرع من
كبرى ويت ستون وهي أ ب و ا و ب و ج والرابع هو عبارة
عن المقاومة المراد قياسها وهذه الملفات التي في الصندوق تتصل
نهاياتها بقطع نحاسية منفصلة عن بعضها بفتحات مخروطية بحيث
يمكن أن يوضع بها مسامير مخروطية من النحاس أيضا وعند وضع
هذه المسامير تكون الملفات متصلة وعند رفعها تكون منفصلة

وكل من الذاعين أ ب (١٢) و ا ب (١٣) و ا ب (١٤) يحتوي على
ثلاثة ملفات مقاوماتها ١٠ و ١٠٠ و ١٠٠٠ أوهم ويقال لها

ذراعى النسبة والذراع هـ (م) يسمى ذراع المقاومات المتغيرة
ويتكون من ملفات تختلف مقاوماتها بين ١٠٠٠ ١٠٠٠ ١٠٠٠ ١٠٠٠
والذراع الرابع ب ح (م) هذا الذي يوضع به المقاومة المجهولة
المراد معرفة قيمتها

وكيفية استعماله هي ان توصل المقاومة المجهولة (م) بين
ب و ج شكل (١٨٠) ويرفع من الصف (ب) ١٠ أوهم ويرفع
مثلها من الصف (ج) فيلاحظ انحراف الجلفانومتر وبعد ذلك



شکل (۱۸۰)

ترفع مقاو مات مختلفة من الذراع h ، حتى يشاهد ثبوت الجلفانومتر على الصفر فيكون مقدار مارفع من الذراع h ، مساويا الى المقاومة

$$\frac{10}{100} \times 100 = 10 \text{ م} = \frac{10}{100} \times 100 = 10 \text{ م}$$

وإذا أريد إيجاد المقاومة مقربة لرقم عشرى واحد فإنه يرفع من الصف (أ) ١٠ أوهم ٦ من الصف (ب) ١٠٠ أوهم

$$\frac{10}{100} \times 100 = 10 \text{ م}$$

وكذلك إذا أريد إيجاد المقاومة لرقمين عشريين نرفع ١٠ أوهم من الصف (ب) ١٠٠٠ أوهم من الصف (ب)

$$\frac{10}{1000} \times 1000 = 10 \text{ م}$$

وسمى هذا الجهاز بصندوق مصلحة البوستة لكثرة استعماله في مصلحة التلغونات والتلغرافات لمعرفة محل القطع أو الخلل في السلوك

وطريقة استعماله لذلك هى : إذا فرض وحصل قطع لسلك ما فأننا نوجد مقدار مقاومة هذا السلك المقطوع بواسطة صندوق البوستة بأن نوصل طرف السلك الموجود بالمكتب مثلاً بالطرف (ب) للصندوق ثم نصل الطرف (ج) بالأرض وبذلك تكمل دائرة كهربائية يعتبر فيها السلك التلغرافى المقطوع سلك ذهاب

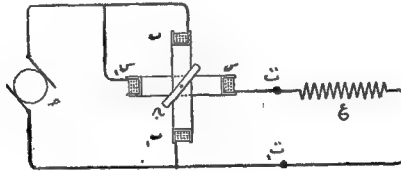
والأرض سلك إيجاب وبما أن الأرض عبارة عن موصل كهربائي عديم المقاومة تقريبا لذلك يمكن معرفة مقاومة السلك وحيث أن معدنه معروف فيمكن معرفة مقاومته النوعية وبما أننا نعلم مقدار قطره أيضا إذن يمكن حساب سطح مقطعه

$$\text{وحيث أن المقاومة} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{الطول}}{\text{سطح المقطع}}}$$

لذلك يمكن من هذه المعادلة إيجاد طول السلك من المكتس حتى محل القطع لأن جميع الكميات الأخرى في المعادلة قد علمت

بند (١٣٠) الأوهمر

الأوهمر عبارة عن جهاز يمكن بواسطته قياس المقاومة مباشرة بدون إجراء أي عملية حساسية ويترب كما في الشكل من مولد



شكل (١٨١)

كهربائي (هـ) يدار باليد يقال له ماجنيتو يولد تيارا يختلف جهده

من ٢٠٠ الى ١٠٠٠ فولت ويكون جهده ٥٠٠ فولت اذا دار باليد بسرعة ١٥٠ دورة في الدقيقة ومن ملف (س س_١) متصل بالتوالى في دائرته بحيث اذا مر التيار به فانه يولد قوة مغناطيسية مناسبة الى الشدة

ومن ملف آخر (ب ب_١) متصل بالتوازي في دائرته بحيث اذا مر التيار به فانه يولد قوة مغناطيسية مناسبة الى الضغط وفي وسطها ابرة مغناطيسية (د) بها مؤشر يتحرك على قرص مدرج والطرفان ت و ث هما طرفا الجهاز اللذين بهما توصل المقاومة المراد قياسها فالملف (س س_١) يؤثر على الابرّة بحيث يجعلها تأخذ اتجاها عموديا على خطوط القوى الخارجة منه اى تتجه اتجاها رأسيا

اما الملف (ب ب_١) فيؤثر على الابرّة المغناطيسية ويجعلها تأخذ اتجاها عموديا على خطوط القوى الخارجة منه اى تتجه اتجاها أفقيا

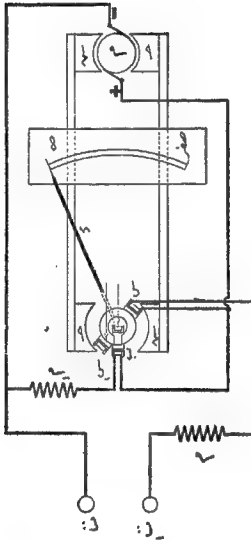
وتتجه الأبرة أخيرا اتجاها مناسباً للتأثيرين الواقعين عليها فتأخذ اتجاه محصلة هذين التأثيرين اى مناسبة لخارج قسمة الضغط على الشدة اذن يتناسب انحراف الابرّة مع المقاومة المراد قياسها فعندما يدار الجهاز ولم يكن متصلا باى مقاومة ما (دائرته مفتوحة او متصل بمقاومة لانهائية) فلا يمر اى تيار بالملف س س_١ ولكن

جزء منه يمر بالملف (ب_١) مناسباً للجهد المولد وهذا يحدث مجالا مغناطيسيا في الوسط عمودي على سطح الملف (ب_١) فتتحرك بذلك الأبرة المغناطيسية ويتحرك المؤشر حيث يسجل الى ما لا نهاية واذا اتصل الجهاز بمقاومة فيمر تيار بالملف س_١ وهذا يحدث مجالا مغناطيسيا آخر عمودي على مجال الملف ب_١ فتتحرف الأبرة في اتجاه محصلة هذين التأثيرين

وحيث ان التأثير للملف ب_١ مناسب للجهد (هـ) وللملف س_١ مناسب للشدة والتي $= \frac{I}{m}$ فيكون عزم الأزدواج الناتج من المحصلة يتزن عندما يكون الانحراف مناسباً الى $\frac{1}{m}$ وعلى ذلك ينحرف المؤشر انحرافا كبيرا عندما تكون قيمة المقاومة صغيرة والعكس بالعكس

ويستعمل هذا الجهاز لقياس مقاومة المواد العازلة للسلوك الموصلة لتيار كهربائي سواء أكانت مستعملة للأتارعة ام ادارة محركات عند تمام تربيها قبل ان يمر التيار الكهربائي بها خوفا من حدوث اى خطر ما

بند (١٣١) الميجر: — هو التحسين الأخير لجهاز الأوهمر والمستعمل بكثرة في قياس مقاومات العزل الكبيرة المقدرة بالميجا أوهم ونظريته كنظرية الأوهمر غير ان تربيته الداخلى يختلف عنه كثيرا



شكل (١٨٢)

و يتركب من الداخل
شكل (١٨٢) من أقطاب
مغناطيسية ش م و ش
أحدهما كمغناطيس مستديم
للبولد (م) الذي يدار باليد
والموضوع بأحد طرفي
الجهاز بينما الآخر لنظام
الأوهمتر الموضوع
بالطرف الآخر الذي
يحتوي على ملف الشدة
س س الذي يتحرك كالعادة
في فتحة بين حلقة من الحديد
مثبتة وبين أوجه القطبين
و ملف الجهد ب ب
المرتب بحيث يتحرك حول

السطح الخارجى للحلقة الحديدية المثبتة وهذان الملفان متصلان
أحدهما بالآخر بحيث يمكن أن يتحركا بحرية فإذا مر تيار في
ملف الشدة فقط فإن الملف يتحرك ويتحرك معه المؤشر (و) وإذا

مرتيا، في ملف الجهد فقط فان الملف يتحرك الى الموضع المبين
بشكل (١٨٢)

فاذا كانت المقاومة المراد قياسها الى ما لا نهاية اي أنه لا يمر
تيار في ملف الشدة فان المؤشر يتحرك بحيث يسجل الى ما لا نهاية
و اذا أريد قياس مقاومة ما فيمر تيار في ملف الشدة فيتحرك
الجهد

ويحدث عزم في اتجاه عقرب الساعة مناسب الى الشدة اي الى المقاومة

بينما العزم الاصلى الحادث من ملف الجهد يزداد بازدياد مرور
التيار في ملفه وهذا العزم يتناسب مع الجهد

وعندما يتساوى العزمان فان الانحراف يكون متناسبا مع
مقلوب المقاومة. وهذا الجهاز ا كبر حساسة من الأوهمتر ويمكن
تدريجه ليقرأ لغاية ٢٠٠٠ ميغا أوهم ومن ميزته أنه لا يتأثر
بالمغناطيسيات الخارجية

بند (١٣٢) صناديق المقاومات : — سبق ان وضحنا ان المقاومة

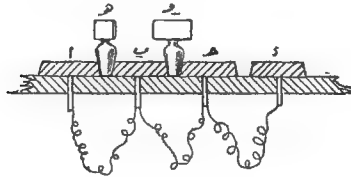
هى خاصية فى الاجسام التى توصل الكهرباء تجعل هذه الاجسام
تعوق سير التيار فيها وبرهنا أيضا على ان قيمة مقاومة اى سلك
تساوى مقاومته النوعية مضروبا فى طول السلك ومقسوما على
سطح المقطع المستعرض له أنظر بند (٩٨)

أذن يمكن عمل ملف مقاومته معلومة اذا علم معدن السلك
المصنوع منه الملف وطوله و سطح مقطعه

ولقد وجد بالتجارب على ان المقاومة النوعية لجملة سبائك معدنية مثل الفضة البلاتينية الالمانية والمائجين وسبيكة (النحاس والنيكل والمائجين) اكبر بكثير مما اذا كانت من معادن صافية غير مزوجة بأى معدن آخر وان مقاومتها أيضا لا تتغير كثيرا بارتفاع درجة حرارتها

وعلى ذلك يفضل استعمال هذه السبائك في صناديق المقاومات والمعدن المستعمل بكثرة بها هو الفضة البلاتينية وهى تحتوي على ٦٧ جزء من البلاتين و ٣٣ جزء من الفضة

وكيفية عمل المقاومة هو ان يلف السلك حول نفسه من الوسط مرتين على بكرة بشكل ملف منعاً للتأثير النفسى والتأثير المغناطيسى اذا كان هناك مجال مغناطيسى مجاور له وتلحم نهايتا السلك في مسبارين قلاووظ او يوضع في صندوق مع جملة مقاومات أخرى يقال له صندوق المقاومات ويعمل السطح العلوى لصندوق المقاومات من مادة عازلة ملصوق بها جملة خوص من النحاس الاصفر ٢ و ٣ و ٤ و ٥ شكل (١٨٣) منفصلة عن بعضها



شكل (١٨٣)

ومرتبة بحيث يمكن وضع قطع مخروطية الشكل من النحاس الاصفر كما في الشكل وتوصل كل خوصتين متجاورتين توصيلاً كهربائياً

وقد وضع مساران قلاووظ عند ابتداء ونهاية الخوص الكلية النحاسية لتربط فيها السلوك الموصلة للتيار الكهربائي

فعند ما يمر اي تيار كهربائي بالصندوق وجميع القطع في مكانها فإنه يمر بالخوص النحاسية جميعها ولا يخرق اي مقاومة ما ولقد عملت الخوص النحاسية عريضة السمك بحيث يمكن إهمال مقاومتها واذا رفعت القطعة هـ مثلاً فإن التيار يمر من الخوصة ١ الى الخوصة ٢ مخترقاً المقاومة الموضوعة بين الخوصتين ١ و ٢ ويكون اذن استعملت هذه المقاومة في الدائرة الكهربائية

وترتب عادة مقاومة الملفات الموضوعة بصناديق المقاومات

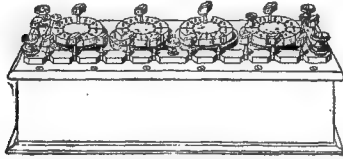
كالاتي	١	٢	٢	٥
	١٠	١٠	٢٠	٥٠
	١٠٠	١٠٠	٢٠٠	٥٠٠

فاذا مر التيار بالارباع الملفات الاول فإنه يخرق مقاومة قدرها ١٠ أوهم واذا مر بالاثني عشر ملفاً المحتوى عليها الصندوق فإنه يخرق مقاومة قدرها ١٠٠٠ أوهم

وفي بعض الاحيان تعمل الصناديق بحيث تكون مقاومتها على الترتيب الآتي

١	٥	٢	٥	٢	٥	٢٢	الخ
---	---	---	---	---	---	----	-------	-----

وشكل (١٨٤) يبين صندوقاً من صناديق المقاومات



شكل (١٨٤) .

بند (١٣٣) المعامل الحراري للمقاومات ذكرنا فيما سبق أنه
لذا زادت درجة حرارة سلك معدني زادت مقاومته فمثلاً اذا كانت
مقاومة سلك معدني واحد أوهم عند درجة حرارة معلومة وزادت
درجة حرارته درجة واحدة مئوية فان مقدار مقاومته تزداد
بمقدار مساو للمعامل الحراري لهذه المقاومة (١) والجدول الآتي

المقاومة بالأوهم	درجة الحرارة	درجة الحرارة بالمقاومة بالأوهم	مقاومة بالأوهم
١٠٠٦٣٩٧٥	١٥ درجة مئوية	١	صفر درجة مئوية
١٠٠٦٦٣٢١	» ١٥٫٦ °	١٠٠٠٤٢٦٥	» ١ °
١٠٠٦٨٢٤٠	» ١٦ °	١٠٠٠٨٥٣٠	» ٢ °
١٠٠٦٧٧٠٩	» ١٦٫١ °	١٠٠١٢٧٩٥	» ٣ °
١٠٠٨٥٣٠٠	» ٢٠ °	١٠٠١٧٠٦٠	» ٤ °
١٠٠٨٩٥٦٥	» ٢١ °	١٠٠٢١٣٢٥	» ٥ °

يبين نتائج تجربة عملت بكل دقة على سلك مقاومته واحد أوهم من معدن النحاس الأحمر المستعمل في التوصيلات الكهربائية عند درجات حرارة مختلفة

فالسلك النحاس الأحمر الذى مقاومته واحد أوهم عند درجة حرارة صفر مئوى تكون مقاومته ١٠٠.٤٢٦٥ عندما ترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية فتكون زيادة المقاومة عبارة عن ٠.٠٤٢٦٥ ر عند زيادة قدرها درجة واحدة مئوية

ويكون إذن المعامل الحرارى للنحاس الأحمر هو ٠.٠٤٢٦٥ ر من ذلك نرى أنه اذا كانت مقاومة مقدارها واحد أوهم عند درجة حرارة قدرها صفر مئوى فان هذه المقاومة تزداد بمقدار وحيث تصير المقاومة $(١ + \epsilon)$

فاذا كانت مقاومة سلك هي m عند درجة صفر مئوى وازدادت درجة حرارته ϵ من الدرجات المئوية فان مقاومته تصير m بحيث تكون $m = m(1 + \epsilon)$ ومنه

$$1 + \epsilon = m \div m$$

$$1 + \epsilon = 1 - \frac{\epsilon^2}{m}$$

$$1 + \epsilon = \frac{m - \epsilon^2}{m}$$

فاذا كانت زيادة درجة الحرارة $\epsilon =$ درجة واحدة مئوية فان

$$\frac{m}{m} = 1 = \text{المعامل الحرارى}$$

ومنه نرى أن المعامل الحرارى عبارة عن الزيادة فى المقاومة لكل أوهم عندما تزداد درجة الحرارة درجة واحدة مئوية
أمثلة تطبيقية :

(١) ملف من النحاس الأحمر مغمور فى ماء مثلى (صفر مئوى) فإذا قطع منه طول مقاومته واحد أوهم ووضع فى ماء مغلى (١٠٠ مئوى) فأوجد مقاومته بعدئذ

الحل

$m = m(1 + \alpha) = 1 \times 0.004265 + 1 = 1.004265$ أوهم
(٢) إذا كانت مقاومة سلك من النحاس الأحمر وهو فى درجة حرارة ٢٥ مئوى هى ٩٦ أوهم فما هى مقدار مقاومة إذا زادت درجة حرارته بحيث صارت ٣٠ مئوى

الحل

$m = m(1 + \alpha) = 96 \times 0.004265 + 96 = 96.408528$ أوهم تقريباً
(٣) مقاومة سلك من النحاس وجدت ٢٠٦٤ أوهم عندما كان فى درجة الصفر المئوى ٢٢٦٢ أوهم عند ما كان فى درجة ٢٤ مئوى فما هو المعامل الحرارى لهذه المقاومة

الحل

$$m = m(1 + \epsilon)$$

$$2262 = 2064(1 + 1 \times 24) \quad \therefore$$

$$24 \times 1 + 1 = \frac{2262}{2064}$$

$$24 \times 1 = 1 - \frac{2262}{2064}$$

$$2004 = \frac{2064}{24} = 100 \times 24 = 2004$$

أسئلة

(١) ما فائدة صناديق المقاومات ؟ أذكر من أي المعادن توضع ملفاتها

(٢) كيف يمكنك قياس قيمة أي مقاومة ما بواسطة أمبير متر وفولتمتر ؟ ارسم التوصيلة الكهربائية اللازمة لذلك

(٣) اشرح التجربة اللازمة لمعرفة قيمة مقاومة مجهولة بواسطة مقاومة أخرى معلومة

(٤) أذكر الطرق التي يمكنك بها قياس قيمة أي مقاومة ما وأيها أحسن وأدق في الأحوال الآتية

(أ) مقاومة سلك سميك ذي طول صغير (ب) ملف مقاومته

٢٠ أوهم (ج) مقاومة ملف ثانوي استنتاجي

(٥) يوجد لديك بعض المصابيح الكربونية والمعدنية ويراد معرفة مقاومة كل — اشرح التجربة التي تستعملها لذلك

(٦) إشرح نظرية كبرى ويت ستون وبين أنه يمكن وضع البطارية مكان الجلفانومتر والعكس

(٧) إشرح مع الرسم أى جهاز عمل على نظرية كبرى ويت ستون وبين كيف يمكن قياس مقاومة مجهولة بواسطة أخرى معلومة على هذا الجهاز.

(٨) إرسم جهاز مصلحة البوستة المتأسس على نظرية كبرى ويت أستون وبين كيف يمكن قياس المقاومات الكبيرة والصغيرة بواسطة

ثم إشرح أيضا كيفية استعمال هذا الجهاز في مصلحة التلغراف والتليفونات لمعرفة مكان قطع السلوك

(٩) هل تزداد مقاومة أى سلك بازدياد درجة حرارته ولماذا ؟

(١٠) ملف من النحاس مقاومته ٥٠ أوم عندما تكون درجة

حرارته ٦٠ فهرنهايت وعندما يمر تيار كهربائى به لمدة من الزمن وجد ان مقاومته صارت ٥٥ أوم أحسب درجة حرارة هذا الملف

(الجواب ١٠٥ فهرنهايت)



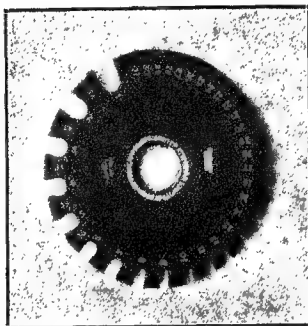
الباب السابع

الموصلات وأنواعها

بند (١٣٣) الموصلات والكابل

تستعمل الموصلات لنقل التيار الكهر بائ من مكان التوليد الى مكان الاستهلاك وهذه الموصلات يجب ان تكون معزولة منعاً لتسرب التيارات وحدوث القصر وتختلف باختلاف استعمالها فمنها ما تكون موصلات رئيسية مركبة على أعمدة خشبية او معدنية او موصلات رئيسية ممدودة تحت الأرض او في قاع البحار او موصلات تستعمل في العارات والمنازل وتكون السلوك في العادة ذات مقطع دائري ويمكن قياسها بواسطة ضبعة قياس معرفة (ضبعة قياس رقم الموصل القانوني) شكل (١٨٥)

وهذه تعطى رقم السلك القانوني ومنه يمكن معرفة قطر السلك و سطح مقطعه المستعرض من جدول الأسلاك

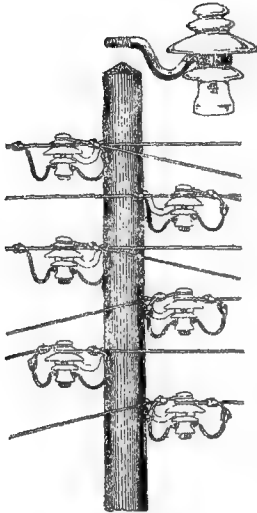


(شكل ١٨٥)

القطر		سطح المقطع		رقم السلك القانوني
بال بوصة	بالمليمتر	بوصة مربعة	مليمتر مربع	
٠.٣٠٠	٨.٦٢٠	٠.٧٠٦٩	٤٥.٦٠	١
٠.٣٧٦	٩.٥٩٨٣	٠.٥٩٨٣	٣٨.٦٠	٢
٠.٢٥٢	٦.٤٠١	٠.٤٩٨٨	٣٢.١٨	٣
٠.٢٣٢	٥.٨٩٣	٠.٤٢٢٧	٢٧.٢٧	٤
٠.٢١٢	٥.٣٨٥	٠.٣٥٣٠	٢٢.٧٧	٥
٠.١٩٢	٤.٨٧٧	٠.٢٨٩٥	١٨.٦٨	٦
٠.١٧٦	٤.٤٧٠	٠.٢٤٣٣	١٥.٧٠	٧

رقم السلك القاتون	القطر		سطح المقطع	
	بالبوصة	بالمليمتر	بوصة مربعة	مليمتر مربع
٨	٠.١٦٠	٤.٠٦٤	٠.٢٠١١	١٢.٩٧
٩	٠.١٤٤	٣.٦٥٨	٠.١٦٢٩	١٠.٥١
١٠	٠.١٢٨	٣.٢٥١	٠.١٢٨٧	٨.٣٠٣
١١	٠.١١٦	٣.٩٤٦	٠.١٠٥٧	٦.٨١٩
١٢	٠.١٠٤	٣.٦٤٢	٠.٠٨٤٩٥	٥.٤٨٠
١٣	٠.٠٩٢	٣.٣٣٧	٠.٠٦٦٤٨	٤.٢٨٩
١٤	٠.٠٨٠	٣.٠٣٢	٠.٠٥٠٢٧	٣.٢٤٣
١٥	٠.٠٧٢	٢.٨٢٩	٠.٠٤٠٧٢	٢.٦٢٧
١٦	٠.٠٦٤	٢.٦٢٦	٠.٠٣٢١٧	٢.٠٧٥
١٧	٠.٠٥٦	٢.٤٢٢	٠.٠٢٤٦٣	١.٥٨٩
١٨	٠.٠٤٨	٢.٢١٩	٠.٠١٨١٠	١.١٦٨
١٩	٠.٠٤٠	٢.٠١٦	٠.٠١٢٥٧	٠.٨١٠٩
٢٠	٠.٠٣٦	١.٩١٤٤	٠.٠١٠١٨	٠.٦٥٦٧
٢١	٠.٠٣٢	١.٨١٢٨	٠.٠٠٨٠٤	٠.٥١٨٨
٢٢	٠.٠٢٨	١.٧١١٢	٠.٠٠٦١٦	٠.٣٩٧٣
٢٣	٠.٠٢٤	١.٦٠٩٦	٠.٠٠٤٥٢	٠.٢٩١٩
٢٤	٠.٠٢٢	١.٥٥٨٨	٠.٠٠٣٨٠	٠.٢٤٥٣
٢٥	٠.٠٢٠	١.٥٠٨٠	٠.٠٠٣١٤	٠.٢٠٢٧
٢٦	٠.٠١٨	١.٤٥٧٢	٠.٠٠٢٥٤	٠.١٦٤٢

سطح المقطع		القطر		تعداد القنطرة
بوصة مربعة	بالمليمتر	بالبوصة	بالمليمتر	
٠.١٣٦٢٨	٠.٠٠٠٢١١	٠.٤١٦٦	٠.٠١٦٤	٢٧
٠.١١٠٩٩	٠.٠٠٠١٧٢	٠.٣٧٥٩	٠.٠١٤٨	٢٨
٠.٩٣٧٣٢	٠.٠٠٠١٤٥	٠.٣٤٥٤	٠.٠١٣٦	٢٩
٠.٧٧٩١٠	٠.٠٠٠١٢١	٠.٣١٤٩	٠.٠١٢٤	٣٠
٠.٦٨١٨١	٠.٠٠٠١٠٦	٠.٢٩٤٦	٠.٠١١٦	٣١
٠.٥٩١٠٢	٠.٠٠٠٠٩١٦	٠.٢٧٤٣	٠.٠١٠٨	٣٢
٠.٥٠٦٧٠	٠.٠٠٠٠٧٨٥	٠.٢٥٤٠	٠.٠١٠٠	٣٣
٠.٤٢٨٨٧	٠.٠٠٠٠٦٦٥	٠.٢٣٣٧	٠.٠٠٩٢	٣٤
٠.٣٥٧٥٢	٠.٠٠٠٠٥٥٤	٠.٢١٣٤	٠.٠٠٨٤	٣٥
٠.٢٩٢٦٧	٠.٠٠٠٠٤٥٤	٠.١٩٣٠	٠.٠٠٧٦	٣٦
٠.٢٣٤٣٠	٠.٠٠٠٠٣٦٣	٠.١٧٢٧	٠.٠٠٦٨	٣٧
٠.١٨٢٣١	٠.٠٠٠٠٢٨٣	٠.١٥٢٤	٠.٠٠٦٠	٣٨
٠.١٣٧٠١	٠.٠٠٠٠٢١٢	٠.١٣٢١	٠.٠٠٥٢	٣٩
٠.١١٦٧٤	٠.٠٠٠٠١٨١	٠.١٢١٩	٠.٠٠٤٨	٤٠
٠.٠٩٨١٠	٠.٠٠٠٠١٥٢	٠.١١١٨	٠.٠٠٤٤	٤١
٠.٠٨١٠٩	٠.٠٠٠٠١٢٦	٠.١٠١٦	٠.٠٠٤٠	٤٢
٠.٠٦٥٦٧	٠.٠٠٠٠١٠٣	٠.٠٩١٤	٠.٠٠٣٦	٤٣
٠.٠٥١٨٨	٠.٠٠٠٠٠٨٠	٠.٠٨١٣	٠.٠٠٣٢	٤٤
٠.٠٣٩٧٣	٠.٠٠٠٠٠٦٢	٠.٠٧١١	٠.٠٠٢٨	٤٥
٠.٠٢٩١٩	٠.٠٠٠٠٠٤٥	٠.٠٦١٠	٠.٠٠٢٤	٤٦
٠.٠٢٠٢٧	٠.٠٠٠٠٠٣١	٠.٠٥٠٨	٠.٠٠٢٠	٤٧



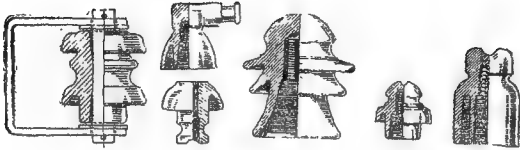
شكل (١٨٦)

ويلاحظ من الجدول
أنه كلما كبر قطر السلك
القانوني صغر قطره

فالموصلات الرئيسية
الممدودة فوق الأعمدة
إما أن تكون عارية أو
مغطاة بطبقات من المواد
العازلة

فإذا كانت عارية يجب
تثبيتها على حوامل مصنوعة
من مادة عازلة كالزجاج
أو الصيني أو الخزف وهذه
الحوامل مربوطة في قوس
من الحديد لسهولة تثبيتها في
الأعمدة أنظر شكل (١٨٦)

ويتغير مقياس أبعادها حسب الجهد المستعمل فإذا كان الجهد
عاليا تستعمل عوازل مزدوجة أو مركبة من حافتين أو ثلاث
حواف لكفاية الأمان وشكل (١٨٧) يبين أنواعا كثيرة من
هذه العوازل مصنوعة بشكل يمنع حدوث الاتصال من تأثير



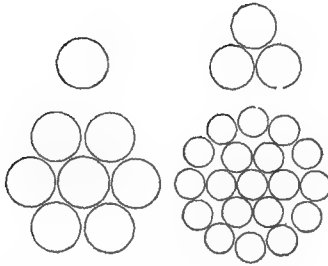
شكل (١٨٧)

المطر أو الندى ويمكن استعمالها للجهود تختلف من ٢٠٠ فولت الى ٥٠٠٠ فولت

وتصنع السلوك عادة من معدن النحاس الأحمر أو من معدن الألومنيوم اذا كان الجهد قليلا وذلك لرخص ثمنه عن النحاس واما اذا كان الجهد عاليا فتكون من معدن النحاس

وليس من الضروري عمل الموصل من سلك واحد ذي مقطع مستعرض كبير بل قد يعمل غالبا من جملة سلك رقيقة ملفوفة ومجدولة حول بعضها

وشكل (١٨٨) يبين موصلات ذات مقطع مستعرض مختلف مرتبة بحيث تحتوي من السلوك على الاعداد الآتية :
١ - ٣ - ٧ - ١٩ - . . . الخ



شكل (١٨)

ويلاحظ من تركيب السلوك في الموصل أن هناك حيزا بين السلوك وبعضها وهذا الحيز يؤثر في سطح المقطع المستعرض الكلي للموصل ولكي يكون الحساب دقيقا نجد أن الموصلات المصنوعة بهذه الكيفية تذكر دائما بعدد السلوك التي تحتوي عليها وأيضا رقم السلك القانوني المستعمل فيها فمثلا الموصل $\frac{7}{4}$ معناه أن الموصل يحتوي على ٧ سلوك وإن رقم السلك القانوني هو ١٦ وأيضا الموصل $\frac{19}{4}$ معناه أن الموصل يحتوي على ١٩ سلك وإن رقم السلك القانوني ١٨

ويجب أن يلاحظ تحديد شدة التيار المار في أى موصل حتى لا يحدث له تسخين كبير لانه اذا مر تياراً كبيراً من المسموح به كان ذلك سبباً في تلف المادة العازلة وربما كان سبباً أيضاً في حدوث الحريق اذا كان بجوار السلك مواد قابلة للاشتعال وبما

أنا نعلم مما سبق أنه كلما زادت كثافة التيار زاد مقدار ما يفقد من الجهد في هذا السلك نرى إذن كان من الضروري معرفة كثافة التيار الكهربائي بالموصل وتحديد هذه الكثافة لكيلا يصبح مقدار الجهد المفقود كبيرا وكثافة التيار هذه عبارة عن شدة التيار المار لكل بوصة مربعة أو لكل سنتيمتر مربع من سطح المقطع المستعرض وتحسب من القانون الآتي

$$\text{كثافة التيار} = \frac{\text{شدة التيار الكهربائي المار}}{\text{سطح المقطع المستعرض للوصل}}$$

فمثلا إذا مر تيار شدته ٦ أمبير في موصل رقه القانوني ١٦ (أى سطح مقطعه المستعرض ٠.٠٣٣١٧ بوصة مربعة) فتكون كثافة التيار الكهربائي $\frac{6}{0.3317} = 1865$ أمبير لكل بوصة مربعة

والمقدار العادي المصرح به في الموصلات حتى لا تصل درجة حرارتها الى درجة يخشى منها على ايجاورها من الاحتراق هو ١٥٠ أمبير لكل سنتيمتر مربع أو ١٠٠٠ أمبير لكل بوصة مربعة تقريبا

ولكن هناك قانون آخر للحساب يسمى قانون « كلفن » نشره فيما يلي : —

لنفرض أننا نريد توصيل مقدار معلوم من التيار الكهربائي مسافة معلومة من محطة التوليد الى المكان الذي يستهلك فيه

ف نكون إذن قد عرفنا أطوال الأسلاك اللازمة و يبقى لنا أن نحدد المقطع المستعرض للسلك

فإذا استعملنا مقطعا مستعرضا صغيرا لهذا السلك كانت مقاومته أكبر وكان مقدار ما يفقد من الجهد في هذا السلك بين محطة التوليد ومكان الاستهلاك مقدارا كبيرا وهذا الجهد المفقود في السلك يتبعه فقد في الطاقة الكهربائية بين المكانين يقدر بمقدار الجهد المفقود مضروبا في مقدار التيار مضروبا في الزمن وتكون نتيجة ذلك فقد في الإيراد لشركة التوليد

ولكن إذا فرضنا أننا جعلنا مقطع السلك كبيرا لكي تكون مقاومته قليلة ولكي تكون الطاقة المفقودة قليلة على قدر الامكان فاننا نحصل على سلك غليظ كبير الوزن وكبير الثمن لأن ثمن هذه الأسلاك يتبع لحد كبير مقدار وزن النحاس المستعمل فيها ونتيجة ذلك ان رأس المال المدفوع ثمننا لهذه الأسلاك يكون كبيرا والفائدة المتحصلة من الأرباح تكون قليلة بالنسبة لرأس المال

ف نكون إذن بين أمرين اما أن نجعل مقطع السلك صغيرا فيكون رأس المال المدفوع قليلا ومقابل ذلك نفقد بعض الإيراد بالنسبة للطاقة المفقودة في الأسلاك أو اننا نجعل المقطع كبيرا فنجعل الطاقة المفقودة قليلة مقابل جعل رأس المال المدفوع أكبر ولهذا وجد اللورد كلفن القاعدة الآتية وهي :

أحسن مقطع للسلك يجعل ربح الشركة أكبر ما يمكن هو
الذى يجعل الفائدة على رأس المال المدفوع ثمناً للأسلاك تساوي
تماماً ثمن الطاقة الكهربائية المفقودة على حسب تعريف الاستهلاك
التي تعينها الشركة

ولهذا نرى أنه في الممالك التي يكون فيها النحاس قليل الثمن
تستعمل أسلاك ذات مقطع مستعرض أكبر من المعتاد ولكن
في الممالك التي يكون فيها النحاس كبير الثمن بالنسبة لثمن الكيلوات
ساعة تستعمل أسلاك مقطعها المستعرض أصغر من المعتاد تطبيقاً
للقاعدة السابقة ومن هذا فإن البحث السابق ليس بحثاً كافياً من
جميع الوجوه لأننا لم ندخل في هذا الاعتبار أننا يمكننا أن نغير
الجهود المستعمل لأنّه من المعلوم لنا أنه لنقل قدرة كهربائية =
١٠٠ كيلوات مثلاً يمكننا أن ننقلها بجهود قدره ١٠٠٠ فولت
وتيار قدره ١٠٠ أمبير أو بجهود قدره ١٠٠ فولت وتيار قدره
١٠٠٠ أمبير أو بأى حساب آخر يجعل حاصل الضرب ١٠٠٠٠٠
وات أو ١٠٠ كيلوات

ومن هذا نرى أنه يمكن لتقليل ما يفقد من الطاقة في
الاسلاك الموصلة لمسافات بعيدة أن نستعمل جهداً عالياً يجعل
مقدار التيار قليلاً

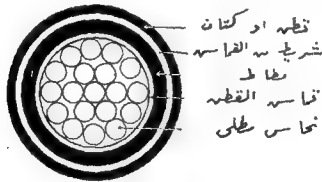
ومع هذا فإنا نرى أن التوسع في هذا خارج عن موضوع
كتابنا هذا وسنعالجه في الجزء الثاني

بد (١٣٤) عزل الموصلات

المواد العازلة المستعملة بكثرة في عزل الموصلات لمنع تسرب التيار هي المطاط والمواد المكبرنة المطاطة التي تشبه الكاوتشوك والقماش المصنوع من القطن أو الكتان والمنقوع في شمع البرافين وتستعمل في بعض الاحيان الأوراق العازلة

يستخرج المطاط من أشجار ذات عصير لبنية تكثر في الهند وجنوب أفريقيا وأحسنها هي المستخرجة من أشجار جنوب أفريقيا (بارا) أما المواد المكبرنة المطاطة فهي عبارة عن مخلوط من المطاط والكبريت يمكن الحصول عليها بإضافة ١٠٪ من الكبريت الى المطاط وهذه تسخن بتأثير البخار بدون ان يختلط بها لدرجة ١٢٥° مئوية

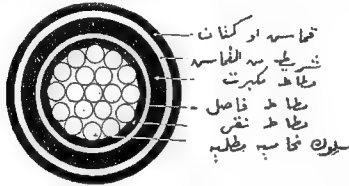
وشكل (١٨٩) يبين موصلا معزولا بمادة المطاط النقية



شكل (١٨٩)

وهذا الموصل يحتوي على سلوك نحاسية مطلية ملفوفة بطبقة من قماش القطن وفوقها طبقة أو طبقتين من المطاط حسب استعمال

الموصل وملفوفة بشريط من القماش وبعد ذلك يلف الموصل جميعه بالقطن أو الكتان وشكل (١٩٠) يبين موصلا معزولا



شكل (١٩٠)

بمادة المطاط المكبرة وهذا الموصل يحتوى على سلوك نحاسية مطلية وذلك منعا لتأثير الكبريت وحدوث التأكسد وهذه ملفوفة بطبقة من المطاط النقي وفوقها طبقة فاصلة من المطاط وذلك منعا لتأثير الكبريت على السلوك النحاسية وفوقها أيضا طبقة من المطاط المكبرت وهذا ملفوف بشريط من القماش وبعدها يلف الموصل جميعه بالقطن أو الكتان

اما الموصلات التي تمتد في باطن الأرض او في قاع البحار او في الانفاق والتي تكون عرضة لتأثير الحوامض والرطوبة فأنها تحفظ عادة بأن توضع داخل غلاف من الرصاص المغطى بطبقة عازلة كالقار الزجاج

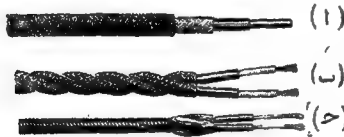
بند (١٣٥) أنواع الموصلات

الموصلات التي تستعمل في الملفات المغناطيسية كالمحولات

والأجراس وأجهزة القياس والمغناطيس الكهربائي وخلافه
ولذلك الموصلات الرئيسية للوح التوزيع تكون من الموصلات
ذات السلك الواحد شكل (١٩١) (١)

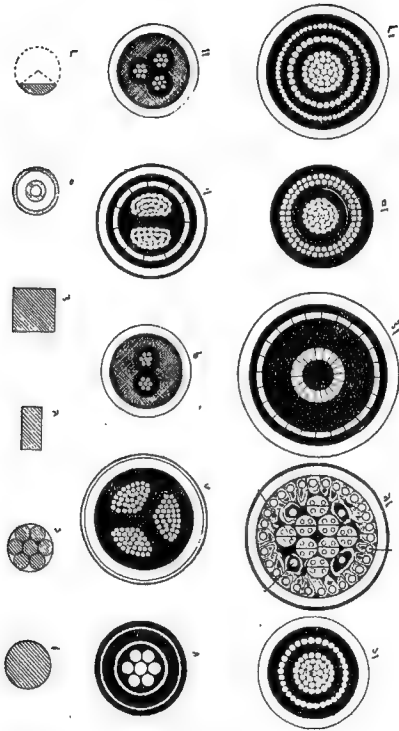
وأما الموصلات التي تستعمل في التوصيل داخل العمارات
والمباني والتي يلزمها موصلان أحدهما موجب والآخر سالب
فتكون ملفوفة بعضها ببعض بحيث إن كلا منها يكون حزمة
ومعزول عزلا تاما عن الآخر شكل (١٩١) (ب)

وأحيانا يوضع الموصلان داخل غلاف واحد كما في
شكل (١٩١) (ج) ويتوقف قطر كل سلك على مقدار شدة
التيار المارة كما سبق شرحه في بند (٩٨)



(شكل ١٩١)

والأشكال الآتية تبين سطح المقطع المستعرض لجملة أنواع
مختلفة من الموصلات



(شکل ۱۹۲)

- (١) موصل ذو سلك واحد مقطعه دائري
- (٢) موصل ذو سبعة سلوك دائرية
- (٣) موصل مقطعه مستطيل
- (٤) موصل مقطعه مربع
- (٥) موصل أنبوى ذو مركز واحد
- (٦) موصل مقطعه قطعة دائرية
- (٧) غلاف ذو سبعة سلوك مغطى بمادة المطاط المكبرته
- (٨) موصل ذو ثلاثة موصلات يستعمل فى حالة التيار المتغير ذو الثلاث موجهات
- (٩) غلاف ذو موصلين بجوار بعضهما
- (١٠) غلاف ذو موصلين للتيار المتغير ذي الموجهين
- (١١) غلاف ذو ثلاثة موصلات
- (١٢) - (١٤) - (١٦) غلاف ذو موصلين بمركز واحد
- (١٣) غلاف للموصلات المستعملة فى التلغونات والتلغرافات
- (١٥) غلاف ذو موصلين بمركز واحد كل يحتوى على ٣٧ سلكا

بند (١٣٦) طرق وضع السلوك داخل المنازل

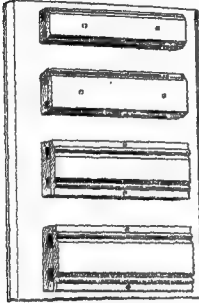
قبل إجراء عملية التوصيل يرسم على الجوائط والسقوف بواسطة الطباشير اتجاه الموضع المناسب لبطائر سلوك المصايح وأول طريقة استعملت فى التوصيل هى مد الاسلاك وهى مجدولة على الحائط بحيث تتركز على أزرار من الصينى تثبت فى

الحائط بواسطة مسامير محوية فان كانت الحوائط من الطوب او الاحجار تحفر بمسافة كافية لوضع قطعة من الخشب على هيئة خابور ليثبت فيها المسمار المحوي وتبعد الازرار الصيني عن بعضها بمسافات متساوية قدرها قدمان ومع ذلك فقد وجد ان هذه الطريقة قد تسبب أحيانا تماس بين السلوك لتآكل مادتها العازلة من تأثير رطوبة الحوائط بمرور الزمن

فلهذا استعملت الصناديق الخشبية التي قد يكون متوسط طولها ١٢ قدما وعرضها يختلف من ١ ١/٢ الى ٦ بوصة تبعا للمقطع المستعرض للسلوك المراد توصيلها وسمكها يختلف من ١/٢ الى ١ بوصة وبداخلها مجريان على هيئة حرف U مفصولان بسداد من الخشب سمكه لا يقل عن ١ بوصة للصناديق ذات الحجم الصغير و٢ بوصة للصناديق ذات الحجم الكبير وتغطي هذه الصناديق بأغطية ذات علامات بطول سطحها الخارجى لتبين موضع السلوك في مجاري الصندوق حتى اذا ثبتت هذه الاغطية بواسطة مسامير محوية توضع في أمكنة لاتماس فيها مع السلوك

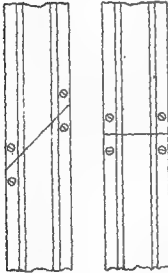
وقديما كانت توضع هذه الصناديق على الحوائط مباشرة فكانت تعطى منظرا غير حسن لنظام الغرف ولكنها الآن توضع داخل البناء بحيث يكون السطح الخارجى لغطيائها موازيا تماما لسطح البياض ويلاحظ انه إذا كانت السلوك المراد توصيلها مجدولة يجب أن يفصل كل سلك على حدته ويمد في مجري خاص به داخل الصندوق وقد وجد بالتجارب أن الحرارة المتشعة من

موصول بمدود تكون أقل ما يمكن إذا وضع في مجري حجم فراغها مساو



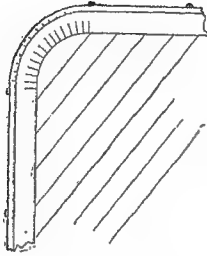
شكل (١٩٣)

لحجمه تماما وشكل (١٩٣) يبين أربعة أنواع من هذه الصناديق مستعملة بكثرة أبعادها مختلفة وليس من الضروري أن يكون بكل صندوق مجريان فقط بل هناك صناديق تحتوي على ثلاثة أو أربعة مجاري حسب موصلات الدائرة الكهربائية



شكل (١٩٤)

وتتصل هذه الصناديق احدها بالآخر إذا كانت على استقامة واحدة وأما جنبا لجنب على زاوية ٤٥° كما هو مبين بشكل (١٩٤) وفي حالة زوايا الاركان يثنى الصندوق بمنحنى ويكون ذلك بنشر وجه الجزء المراد ثنيه بنشر بحيث يكون النشر ضيقا وعميقا حتى يسهل ثني الصندوق للمنحنى المطلوب



شكل (١٩٥)

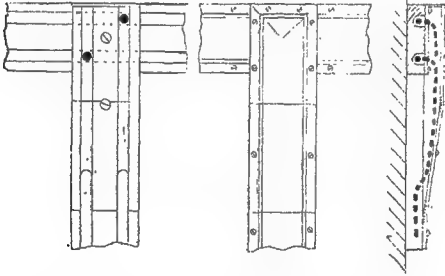
كلهو مبين شكل (١٩٥) ويكون
النشر إما من الوجه الامامى او
الخلفى تبعا لنوع المنحنى اذا كان
خارجيا أو داخليا

وفي حالة عمل وصلات

التقاطع على هيئة حرف T يكون

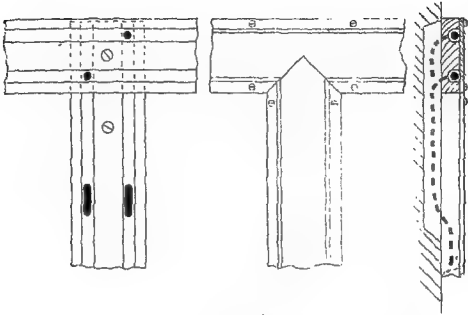
من الضروري عمل كباري خشبية

إما مرتفعة شكل (١٩٦) أو غاطسة شكل (١٩٧) لتضمن سكا



شكل (١٩٦)

كافيا من الخشب بين السلوك حتى لا يحصل لها أي قصر كان

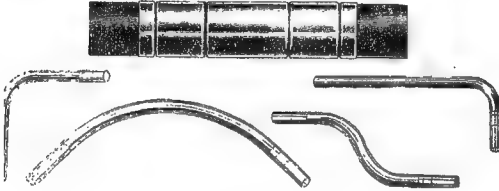


شكل (١٩٧)

وفوائد هذه الطريقة هي رخصها وسهولة تغيير السلوك عند الحاجة ومن مضارها أنها معرضة لخطر غلطات في التوصيل وأيضا إذ تأثرت بالرطوبة يحصل قصر في السك فإذا استعملت في توصيل سلوك دائرة مستعملة في التأثير الكيماوي للتيار الكهربائي كعملية النكشة مثلا يذوب النحاس من السلك الموجب فيقلل سطح مقطعه ويتكربن الخشب الموجود بين الاسلاك إذا حصل قصر وهذا يساعد على حدوث حريق بالمكان لذلك يلزم إذا استعملت هذه الصناديق في التوصيل أن توضع في أمكنة جافة وغير معرضة للرطوبة

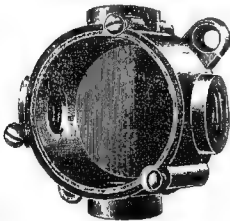
وهناك طريقة أخرى استعملت بكثرة وهي طريقة المواسير التي تمتد بداخلها السلوك الموصلة وكانت تصنع قديما من الورق المقوي المدهون سطحه الخارجي بالقارحي بالقار ذات أطوال قدرها ١٠

قدم وتتصل ببعضها بواسطة وصلات نحاسية رفيعة السمك
وشكل (١٩٨) يبين أحد هذه الموصلات وأيضا بعض المواسير



شكل (١٩٨)

المنخنية وتوضع هذه المواسير تارة بداخل البناء او خارجه وفي
حالة الاركان تحنى هذه المواسير للمنحنى المطلوب بواسطة جهاز
مخصوص وأما فى الوصلات التى على هيئة حرف T أو Y
تركب صناديق اتصال خاصة لهذا الغرض وشكل (١٩٩) يبين



شكل (١٩٩)

صندوق لتوصيله أربعة
اتجاهات والطريقة الحديثة
هى ان تستعمل المواسير
المصنوعة من الصلب بدلا
من الورق يثبت بداخلها
أنبوبة اخرى من الورق
شكل (٢٠٠) ملساء من
الداخل وليس بها أى



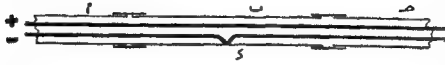
شكل (٢٠٠)

خشونة مطلقا وطول هذه المواسير أقدام تقريبا
ويختلف قطرها حسب سطح المقطع المستعرض
للسلوك المارة بداخلها وكل من نهايتها مقلوطة
و تتصل إحداهما بالأخرى بواسطة صناديق مغطاة
من الداخل بالورق وتقطع هذه المواسير للأطوال
الزائدة بواسطة مقصات مخصوصة

وهذا النوع من المواسير غالى الثمن ولكنه
جيد جدا فى حفظ السلوك من تأثير الرطوبة
وقد تكون هذه المواسير مصنوعة من صفائح
الصلب الرفيعة بدون أن يوضع بداخلها أنابيب
من الورق وتتصل ببعضها بواسطة وصلات أو
بانزلاق نهاية إحداهما فى مبدئ الأخرى
وعلى كل حال يجب أن تتوفر فى هذه المواسير
الشروط الآتية :—

(١) أن تكون مقاومتها الميكانيكية جيدة
لتحمل ضغط مسامير التثبيت المنحنية

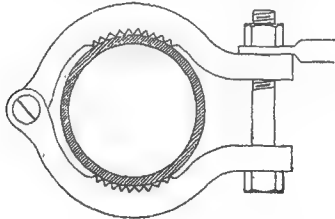
- (٢) لا ينفذ إليها الماء الذى قد ينتج أحيانا من الرطوبة
(٣) أن يكون هناك اتصال كهربائى جيد بين كل واحدة
والأخرى وبينها جميعا والأرض ولتفهم غرض توصيل المواسير
للأرض نأخذ مثلا شكل (٢٠١) الذى يبين الماسورة (١)



شكل (٢٠١)

متصلة بالماسورة (ب) متصلة بالماسورة (هـ) فإذا لامس أحد السلكين الماسورة (ب) في نقطة (س) يصير فرق جهد هذه الماسورة مساويا تماما لفرق جهد السلك المماس فإذا لامس شخص الماسورة (ب) يشعر بدرجة خطرة في جسمه بما لو لامس السلك نفسه

ولتجنب هذا الخطر توصل جميع المواسير ببعضها توصيلا جيدا كهربائيا ثم للأرض وهذا يكون بتوصيل سلك من هذه المواسير الى ماسورة مياه المنزل وأحسن طريقة لذلك هي طريقة المقبض المبين بشكل (٢٠٣) بدلا من لحام السلك بالمواسير



شكل (٢٠٢)

و يلاحظ ان لا يلحم سلك الأرض في ماسورة الغاز لتلا يودي هذا التوصيل الى حدوث حريق اذا كان الاتّصال غير حسن

بند (١٣٧) المصهرات

المصهر عبارة عن سلك معدني يوضع في الدائرة الكهربائية (كدائرة المصابيح ودائرة المحرك الخ) ليحفظ موصلاتها وأجهزتها من التلف الذي ينجم من زيادة شدة التيار عند زيادة الحمل أو عند حصول قصر بين الاسلاك اذا تماسمت وفي هذه الحالة ينصهر المصهر من زيادة التيار وهذا يوقف مرور التيار بالدائرة ويصنع من معدن الفضة أو النحاس الاحمر أو الزنك أو البلاتين أو الالومنيوم أو القصدير أو الرصاص ولكن معظم المصهرات تصنع من النحاس الاحمر أو من القصدير أو من الرصاص والاحسن والاكثر استعمالا هي المصنوعة من معدن النحاس الاحمر

اما المصهرات المستعملة بكثرة في مصلحة التلغونات والتلغرافات لحفظ أسلاكها من دوائر الانارة والقوة فتصنع من معدن البلاتين ويكون قطر سلكها مساويا الى ٥ مل (مل = ١/١٦ من البوصة) وتوقف شدة التيار اللازمة لصهر السلك على الاتي : —

- (١) سطح المقطع المستعرض لسلك المصهر
 - (٢) درجة حرارة الهواء المحيطة به
 - (٣) حجم القطعة المعدنية الملحومة بطرفي سلك المصهر
 - (٤) السطح الجانبي للمصهر وقابليته للتسخين
 - (٥) مدة استعمال المصهر
- فالسلك الذي مقطعه المستعرض اكبر يلزمه تيار اكبر لصهره

وإذا كان محاطا بهواء ساخن فإنه يلزمه تيار أقل لصهره وكذلك السلك القصير والمملحوم طرفاه بقطع معدنية كبيرة الحجم يلزمه تيار أقل لصهره عما إذا كان طويلا وكذلك كلما زاد سطحه الجانبي كلما زادت شدة التيار اللازمة لصهره

وحيث ان قابلية التسخين للمعادن تختلف باختلاف أنواعها فالمصهر المصنوع من معدن قابلية التسخين له قليلة ينصهر بمجرد أى زيادة لشدة التيار بينما المصهر المصنوع من معدن قابلية التسخين له كبيرة لا ينصهر بسرعة بل يأخذ وقتا لينصهر عند ما تزداد شدة التيار وعلى ذلك ترى ان المصهر المصنوع من النحاس ينصهر بسرعة عندما يحصل قصر بين الأسلاك والمصهر المصنوع من معدن القصدير أو الرصاص ينصهر بسرعة عند زيادة الحمل والقانون الاتي يبين العلاقة بين قطر سلك المصهر وشدة التيار اللازمة لصهره

$$ت = ع \times ق^{\frac{2}{3}}$$

بفرض أن ت = شدة التيار اللازمة

ع = عدد ثابت = للنحاس ٨٠ و للرصاص ١٢٨

القصدير ١٢٨

ق = قطر السلك بالملليمتر

وتختلف شدة التيار اللازمة باختلاف شدة التيار المار بالدوائر الكهربية فالدائرة الكهربية التي شدة تيارها أقل من ٢٠ أمبير تكون الشدة اللازمة لصهر المصهر ضعف الشدة الأصلية بالدائرة

واما في الدوائر التي تيارها يختلف من ٥٠ أمبير الى ١٠٠ أمبير تكون الشدة اللازمة مرة ونصف مرة من شدة التيار الاصل في الدائرة والدوائر التي تيارها ١٠٠ أمبير فما فوق تكون الشدة اللازمة مرة وربع مرة من شدة التيار الاصل في الدائرة وعلى ذلك تري في الدوائر ذات التيار الضعيف أن لا يستعمل لها مصهرات من النحاس بل يستعمل لها مصهرات من الرصاص لأنه اذا اريد استعمال مصهرات من النحاس يكون قطر السلك صغيرا جدا

مثال تطبيقي

المطلوب معرفة قطر سلك مصهر من النحاس يراد استعماله في دائرة كهربائية شدة تيارها ٨٠ أمبير
الحل

$$ت = ع \times ق^{\frac{2}{3}}$$

$$\text{شدة التيار اللازمة ت} = ٨٠ \times ١\frac{1}{4} = \frac{٢ \times ٨٠}{٣} = ١٢٠ \text{ أمبير}$$

$$٨٠ \times ق^{\frac{2}{3}} = ١٢٠$$

$$\sqrt[3]{٨٠} \times ق = ١٢٠$$

$$\sqrt[3]{٨٠} \times ق = ١٢٠ \Rightarrow ق = \frac{١٢٠}{\sqrt[3]{٨٠}} = ١٥$$

$$ق = ٢٥ \text{ ر} \cdot ٢٠ = ق \cdot \sqrt[3]{٢٥} = ١٤ \text{ ملليمتر}$$

مثال آخر : المطلوب معرفة قطر سلك مصهر من الرصاص يراد استعماله في دائرة كهربائية شدة تيارها ١٥ أمبير

— ٣٥٣ —

الحل

$$\text{شدة التيار اللازمة} = 10 \times 2 = 20$$

$$F_v \times 1278 = 20$$

$$\sqrt{F_v} \times 1278 = 20$$

$$2734 = \frac{20}{1278} = \sqrt{F_v}$$

$$504756 = F_v$$

$$\sqrt{504756} = 711 \text{ ملليمتر تقريبا}$$

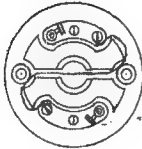
وشكل (٢٠٣) يبين جملة أنواع مختلفة للبصرات وفيه



(٢)



(١)



(٤)

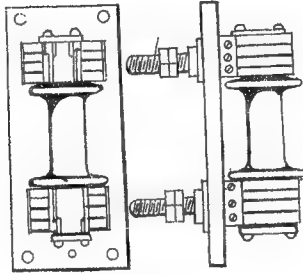


(٣)

شكل (٢٠٣)



(٥)



(٦)

شكل (٢٠٣)

(١) يبين مصهرا صغيرا مثبتا في داخل أنبوبة زجاجية نهاياتها
من النحاس

(٢) و (٣) مصهرات مصنوعة من خوص رفيعة من المعدن
ملحوم طرفاها بقطع معدنية

(٤) مصهر داخل مظروف من الصيني

(٥) مصهر مغطى بمادة الاسبستس

(٦) مصهر محكوم بيد من الصيني

الباب الثامن

الإضاءة

بند (١٣٨) الضوء والاستضاءة

تقدر قوة إضاءة أى مصباح بمقدار كمية الضوء المنبعث منه
وإذا وقعت أشعة الضوء على أى سطح فإن شدة استضاءة هذا
السطح تقدر بكمية الضوء الواقعة عليه وتتوقف على الثلاثة الأشياء
الآتية (أولاً) على بعد السطح من المصباح (ثانياً) الزاوية التى
يعملها السطح مع اتجاه الأشعة ويكون أعظم قيمة لها إذا كان
السطح عمودياً على اتجاه الأشعة الضوئية (ثالثاً) قوة إضاءة
مصدر الضوء

وشدة الاستضاءة تزيد بقرب السطح المضاء من المصباح وتقل
ببعده عنه وهى فى ذلك تتبع قانوناً خاصاً يسمى بقانون التربيع
العكسى ولتوضيح هذا القانون

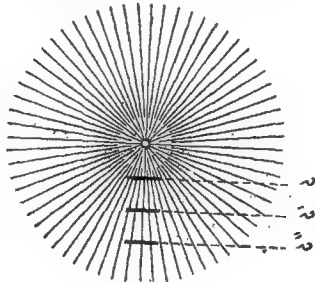
نفرض أن (م) شكل ٢٠٤ مصدر الضوء وأن (١) عبارة عن
سطح مربع الشكل ضلعه قدم واحد يبعد عنه بمسافة قدرها ه أقدام
فاذا وضع خلف هذا السطح حاجز (ب) على بعد ١٠ أقدام من
مصدر الضوء يظهر تكون مربع من الظل عليه مساحته أربعة أمثال
مساحة المربع (١) وبالمثل نرى أنه إذا انتقل الحاجز للوضع (هـ)



شكل (٢٠٤)

الذي يبعد بمقدار ١٥ قدما ان مساحة مربع
الظل عليه تسعة أمثال مساحة المربع (١)
لانه لو أزيل المربع (١) من موضعه تكون
الاشعة الضوئية الساقطة على المربع في الحاجز
هي نفس الاشعة التي كانت ساقطة على المربع (١)
وعلى ذلك يكون مقدار الأشعة الساقطة على
القدم المربع في الوضع (ب) و (م) هي $\frac{1}{9}$ و $\frac{1}{16}$
الاشعة الضوئية التي كانت واقعة على المربع (١)
على الترتيب

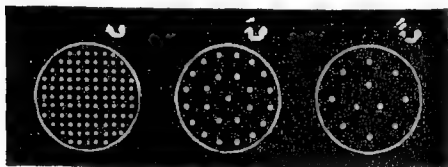
ونرى إذن شدة استضاءة أية نقطة من
سطح مضاء اضاءة منتظمة تتناسب تناسبا
عكسيا مع مربع بعد هذه النقطة من منبع الضوء
وشكل (٢٠٥) يسهل لنا ايضاح ما سبق



شكل (٢٠٥)

فهو يبين مصباحا كهربائيا يرسل أشعته بالتساوى في جميع الجهات
 فاذا فرضنا مثلا أن مصباح قوته شمعة واحدة يرسل ١٠٠ شعاع
 ضوئى في جميع الجهات فإن المصباح الذى قوته ١٦ شمعة يكون له
 $16 \times 100 = 1600$ شعاع وهذه الاشعة تمتد لمسافات غير محدودة
 فاذا وضع قرص (u) بحيث كان مستواه أفقيا وتحت المصباح
 بمسافة ما وكان عدد الخطوط الواقعة عليه ١٠٠ مثلا فإن
 هذا العدد يقل بنسبة مربع المسافة اذا بعد هذا القرص عن المصباح
 فاذا وضع بحيث صار يبعد عن المصباح بمسافة ضعف مسافة
 موضعه الأول أى في (u) يصير عدد الخطوط الواقعة عليه
 $\frac{100}{2 \times 2} = 25$ واذا بعد عنه بمسافة مساوية الى ثلاثة أمثال مسافته

الأولى أى في (u) فإن خطوط الضوء تصير $\frac{100}{3 \times 3} = 11$ تقريبا
 وهذا الفرق فى الاستضاءة للقرص فى المواضع الثلاثة المختلفة
 هذه يمكن يانها بنقط بيضاء كما فى شكل (٢٠٦) وفيه يبين ١٠٠



(شكل ٢٠٦)

نقطة للوضع (ب) ٢٥ ٦ نقطة عند ما يكون في الموضع (ب) ٦
١١ نقطة عند ما يكون في الموضع (ب)

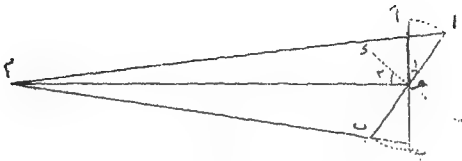
بند (١٣٩) تقدير قوة الاضاءة

تقدر قوة اضاءة أى مصباح كهربائى بالشمعات والقوة بالشمعة
عبارة عن كمية الضوء المنبعثة من شمعة عادية قطرها $\frac{1}{8}$ بوصة وتحرق
٧٧٧٦ من الجرامات من مادتها فى الساعة
وهناك وحدة تقدير يقال لها متوسط القوة بالشمعات
المخروطية وهى عبارة عن متوسط القوة بالشمعات فى جميع الجهات
التي تعمل زاوية قدرها (٩٠) مع السطح الاستوائى للمصباح
وأىضا توجد وحدة أخرى يقال لها متوسط القوة بالشمعات
الكروية وهى عبارة عن متوسط قيمة أطوال الخطوط المتساوية
فى جميع الجهات والتي أطوالها تتناسب مع القوة بالشمعات فى
هذه الاتجاهات

ومتوسط القوة بالشمعات الافقية عبارة عن خارج قسمة
جميع أطوال الخطوط المنبعثة على عددها
ويمكن تقدير قوة أى مصباح كان بواسطة جهاز الفوتومتر
الهابق دراسته من علوم الطبيعة

بند (١٤٠) السطح المائل

وإذا كان السطح مائلا فإن شدة الاستضاءة تتناسب تناسبا
طرديا مع جيب تمام زاوية سقوط الأشعة فمثلا إذا كان θ هو



شكل (٢٠٧)

السطح المائل على اتجاه اشعة المصباح (م) فإن مقدار الأشعة الساقطة عليه هو الذي يسقط على الجزء AB فيما لو كان السطح عموديا على اتجاه الأشعة وبما ان مقدار شدة الاستضاءة الواقعة على وحدة السطح = كمية الضوء الساقطة على السطح في الثانية عند وحدات السطح

فتكون شدة استضاءة السطح AB

$$= \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطحين}}{AB}$$

$$= \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطحين}}{AB \text{ جتا } \theta}$$

$$\text{وشدة استضاءة السطح } AB = \frac{\text{كمية الضوء الساقطة على السطحين}}{AB}$$

$$\therefore \text{شدة استضاءة السطح } AB = \frac{\text{شدة استضاءة السطح } AB}{AB \text{ جتا } \theta}$$

ولما كانت $\hat{1} = \hat{2}$ لان كلا منهما متممة للزاوية ω $\hat{1}$
 \therefore شدة استضاءة السطح $\hat{1} =$ شدة استضاءة السطح $\hat{1}$ ب
 × جتا $\hat{1}$

والزاوية $\hat{1}$ هي زاوية سقوط الشعاع وهي الزاوية المحصورة
 بين هذا الشعاع والعمود المقام على السطح من نقطة السقوط

بند (١٤١) الاستضاءة والسطوح اللامعة

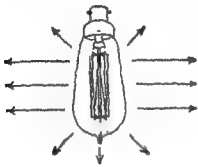
السطوح القائمة اللون او السوداء تمتص الضوء بينما السطوح
 اللامعة البيضاء تعكس أشعة الضوء

وعلى ذلك فإن الغرفة المدهونة بالبوية البيضاء اللامعة تحتاج
 الى مصابيح قوة اضائها قليلة عما اذا كانت مدهونة بالبوية القائمة
 اللون من ذلك نرى ان شدة الاستضاءة الكلية بغرفة مدهونة
 بلون زاه قد ازدادت بمقدار الأشعة الرأسية والافقية المنعكسة
 من السقف والحوائط وأن قانون التوزيع العكسي لا يتحقق في
 هذه الحالة

ويمكن الاستفادة من نظرية عكس الضوء في جملة أعمال
 صناعية كبيرة منها أغطية المصابيح الزجاجية أو المعدنية ومنها
 أجهزة عكس الضوء البلورية في إنارة الفئارات وكذا الكشف
 وأجهزة البحث المستعملة في المراكب الحربية والطائرات
 وخلافه

بند (١٤٢) توزيع الضوء من المصباح

الحالة المشروحة بشكل (٢٠٥) هي فرض نظري فقط لأنه لا يمكن أن يوزع المصباح ضوءه بالتساوي في جميع الجهات كما أن بعض أجزاء المصباح وحامله تحجز جزءاً من الضوء فلو اعتبرنا مثلاً ضوء المصباح المبين بشكل (٢٠٨) نرى أن سلك المصباح



شكل (٢٠٨)

الرأس يعطي معظم الضوء في اتجاه متعامد عليه كالمبين بالستة الأسهم الأفقية ويقل هذا الضوء في الاتجاه المائل المبين بالاربعة الأسهم الصغيرة وينعدم عند أعلاه فوق ماسك المصباح

وعند ذكر القوة بالشمعات لأي مصباح كان نقصد قوة المصباح في أقوى اتجاه له

بند (١٤٣) منحنيات توزيع الضوء : —

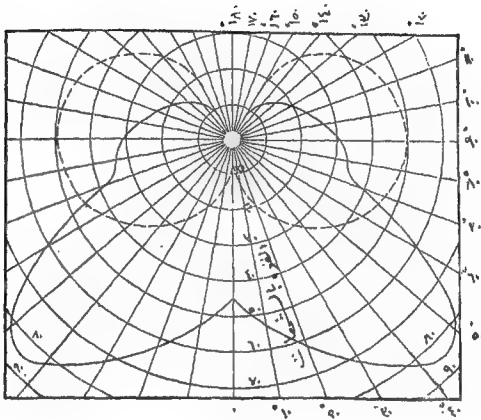
المنحنى المبين بشكل (٢٠٩) يبين العلاقة بين القوة بالشمعات لمصباح قوته ٥٠ شمعة وبين الاتجاهات المختلفة حوله فالخطوط النصف القطرية تعين الاتجاهات المختلفة بالدرجات

ويلاحظ من المنحنى ان اعظم ضوء يمكن الحصول عليه عند ٩٠° أي في الاتجاه الافقى وأنه يمس خط ٥٠ شمعة هناك وعند ٤٥° تكون القوة ٣٦ شمعة تقريبا وتحت المصباح تقرب من ٨ شمعات وتندعم فوق المصباح مباشرة

ولرسم منحن يبانى لقوة أى مصباح في الاتجاهات المختلفة حوله يستعمل الفوتومتر

ويكتفى بقياسها عند درجات مختلفة من صفرا إلى ١٨٠° وعند تجميعها نحصل على نصف المنحنى الكلى ويكون النصف الآخر الايسر مشابها له تماما

اما اذا كان ضوء المصباح منعكسا الى أسفل بواسطة وضع غطاء فوقه فإن منحنى التوزيع يختلف بأن يضاف الى الأشعة المتجهة الى أسفل الاشعة المنعكسة أيضا وشكل (٢١٠) يبين منحنيا كهذا للمصباح قوته ٥٠ شمعة منعكسة أشعته العليا ومنه يرى كيف تغير توزيع الضوء فعند الخط الرأسى الأسفل مثلا زادت القوة بالشمعات حيث صارت ٤٦ بينما عند الزاوية ٤٥° ازدادت حتى صارت ٨٥ وفي هذه الحالة يتوقف توزيع الضوء على شكل المظلة نفسها للمصباح فنما ما يعكس الانارة الى أسفل المصباح مباشرة ومنها ما يعكس بزاوية ٤٥° ومنها ما يعكسها في جميع الجهات



شکل (۲۱۰)

أمثلة تطبيقية على حسابات الانارة للسطوح التي تعمل زاوية

قائمة مع أشعة الضوء

(١) مضباح كهربائي قوته ٢٥ شمعة يرسل أشعته الى مكتب موجود أسفله ويبعد عنه بمقدار ٤ أقدام أوجد مقدار الاستضاءة عليه

— ٣٦٥ —

الحل

$$\frac{25}{16} = \frac{25}{24} = \frac{\text{القوة بالشموع}}{\text{مربع المسافة}} = \text{الاستضاءة}$$

$$= 106 \text{ قدم شمعة}$$

(٢) نجفة محتوية على ثلاثة مصابيح قوة كل مصباح ١٦ شمعة
وتعطى إنارة لمركز مائدة قدرها ١٥ قدم شمعة أوجد بعد
النجفة عن مركز المائدة

الحل

$$\frac{3 \times 16}{105} = \frac{3 \times 16}{\text{مربع المسافة}} \therefore \text{مربع المسافة} = 105$$

$$\text{المسافة} = \sqrt{\frac{3 \times 16}{105}} = 106 \text{ أقدام أي } 10 \text{ أقدام } 8 \text{ بوصة}$$

(٣) إذا كان ارتفاع السقف يبعد عن المائدة في المثال السابق
بمقدار ١٠ أقدام فأوجد مقدار القوة بالشموع اللازمة
للسقف لكي يعطى نفس الانارة

الحل

$$\text{القوة بالشموع} = 105 \times (10)^2 = 10500 \text{ شمعة}$$

أمثلة تطبيقية على حسابات الانارة للسطوح الغير قائمة مع

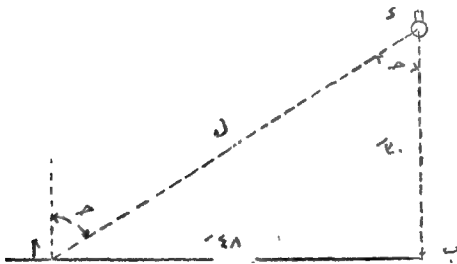
أشعة الضوء

(١) اذا فرض أن مصباحاً من مصابيح الميادين قوته ٣٠٠٠ شمعة يرتفع عن سطح الأرض بمقدار ٣٠ قدم

تكون الاستضاءة عند النقطة ب أسفله مباشرة $\frac{3000}{30^2}$

$$= \frac{3000}{900} = 3.33 \text{ قدم شمعة}$$

وتكون شدة الاستضاءة عند النقطة ا $\frac{3000}{21^2}$



شكل (٢١١)

وحيث أن د هو وتر المثلث قائم الزاوية

$$\therefore 21^2 = 30^2 + 21^2 \quad \text{أو} \quad 21^2 + 30^2 = 21^2$$

$$\frac{3000}{230.4 + 900} = \frac{3000}{248 + 230} = 1 \text{ } \therefore \text{الاستضاءة عند ١}$$

$$9936 \text{ ر. قدم شعبة} = \frac{3000}{320.4} =$$

أما إذا لم يكن الطول ١ متعامدا مع الطول ب و تكون
الانارة متناسبة مع جيب تمام الزاوية (زاوية الميل) وفي هذه
الحالة تكون الزاوية هي (م)

$$\text{وتكون الاستضاءة عند (١)} = \frac{3000}{2} \times \text{جتا ج}$$

$$\frac{30}{248 + 230 \sqrt{2}} = \frac{30}{2} = \frac{\text{الطول ب}}{\text{الطول و}} = \text{وحيث أن جتا م}$$

$$\therefore \text{شدة الاستضاءة عند (١)} = \frac{3000}{248 + 230} \times$$

$$\frac{30}{220.4 \sqrt{2}} \times \frac{3000}{320.4} = \frac{30}{248 + 230 \sqrt{2}}$$

$$9936 \times \frac{30}{220.4} \times 0.53 = 496 \text{ ر. قدم شعبة} =$$

(٢) ميدان لمفترق جملة طرق يراد اضائته بمصابيح قوسية
فاذا كان ارتفاع كل مصباح عن الارض ٣٥ قدما والبعد بين
مرا كز الطرق ٧٠ قدما والانارة في الطرق هي ٥٠ ر. قدم شعبة
من كل مصباح فأوجد القوة بالشموعات للمصابيح

الحل

$$\frac{\text{القوة بالشموعات}}{٢٧} \times \text{جناح} = ٠.٥$$

$$\frac{٣٥}{٢٣٥ + ٢٣٥} \times \frac{\text{القوة بالشموعات}}{٢٣٥ + ٢٣٥} = ٠.٥$$

$$\frac{٣٥}{٤٩٥٠} \times \frac{\text{القوة بالشموعات}}{٢٤٥٠} = ٠.٥$$

$$\text{القوة بالشموعات} = \frac{٤٩٥٠ \times ٢٤٥٠ \times ٠.٥}{٣٥} = ١٧٣٣ \text{ شمعة}$$

$$= ١٧٠٠ \text{ شمعة تقريبا}$$



الباب التاسع

المصابيح والأجراس الكهربائية

بند (١٤٤) المصابيح الكهربائية

نوعان أساسيان

الاول — المصباح المتألق والثاني — القوس الكهربائي
ففى النوع الاول توجد قطعة صغيرة من سلك رفيع مصنوع
من مادة كبيرة المقاومة يمر فيها التيار الكهربائي فتحدث حرارة
عظيمة توصل السلك الى درجة التوهج فيحدث الضوء
وبما أننا نعلم ان السلك الذى يصل الى هذه الدرجة يحترق

اذا كان فى الهواء الخالص او الاكسجين لذلك
يوضع هذا السلك داخل غطاء شفاف من
الزجاج مقفل من جميع الجهات ومفرغ من
الهواء شكل (٢١١) وقد يكون هذا الغطاء
مملوء بغاز لا يساعد على الاحتراق مطلقا مثل
الازوت او الارجون



بند (١٤٥) مصابيح الكربون

أول المصابيح التى استعملت من هذا النوع

شكل (٢١١)

كان الخيط الرفيع الذى بها وقد صنع من مادة الكربون ولكن هذا النوع قليل الاستعمال جدا فى الوقت الحاضر للأسباب الآتية :—

اولا— مقدار ما يصرف من الطاقة الكهربائية كبير بالنسبة لمقدار الضوء الذى ينتشر منه وقد يكون هذا المقدار نحو ٤ وات لكل قوة شمعة من الضوء ويسمى هذا العدداى مقدار عدد الوات اللازم للشمعة الواحدة بالجودة للمصباح فالجودة إذن هى مقدار الطاقة اللازمة لاي مصباح بالوات مقسوما على قوته بالشمعة اى ان المصباح الذى تكون قوة الاضاءة فيه = ٥٠ شمعة مثالا يصرف ٢٠٠ وات واذا اضئ ساعة كاملة كان مقدار ما يصرفه من الطاقة = $\frac{1 \times 200}{1000} = \frac{1}{5}$ كيلوات ساعة و يصرف ما يقرب من $\frac{1}{5} \times 30 = 6$ مليات تقريبا فى الساعة اذا كان ثمن وحدة الطاقة العملية ٣٠ مليا وهذا مقدار كبير

ثانيا — اذا زاد الجهد على المصباح لاي سبب كان بان خف الحمل على المحطة دفعة واحدة او غير ذلك زاد مقدار التيار الذى يمر فى السلك وارتفعت درجة حرارة السلك اكثر

وللكربون خاصية قلة المقاومة بزيادة درجة الحرارة فيزيد التيار ثانيا لقلة المقاومة وترتفع درجة الحرارة ويزيد التيار وهكذا الى ان يحترق المصباح ولذلك يكون من هذه الوجهة غير مأمون ولكنه يمتاز بالفوائد الآتية :

اولا — قليل الثمن بالنسبة للمصابيح التي تستعمل فيها اسلاك غير الكربون لانه ارخص كل هذه الانواع
ثانيا — لا يتشمس السلك فيه بنفس السهولة التي في المصابيح الاخرى فيصاح للاستعمال في الاحوال التي يكون فيها اهتزازات عنيفة مثل عربات الترام او عربات السكك الحديدية ومع ذلك فان الانواع الحديثة من المصابيح التي يستعمل فيها اسلاك غير الكربون قد تحسن صنعها لدرجة كبيرة بحيث اصبحت غير قابلة للكسر بسهولة والنتيجة ان الكربون قليل الاستعمال الآن للسبب الاول وهو انه يصرف في الاستعمال اكثر من اى نوع آخر

بند (١٤٦) مصابيح ذات أسلاك معدنية

يستعمل الان بدلا من الكربون اسلاك أخرى من معادن مختلفة وهى كثيرة جدا من أهمها المصابيح التي تستعمل فيها أسلاك من التانتالوم أو التنجستان أو الأسميم أو غيرها وأهمية هذه المصابيح أنها لا تصرف الا مقدارا يسيرا من الطاقة فمثلا المصباح التانتالوم جودته ٥٠ الى ٢ وات للشمعة والمصباح التنجستان يصرف من ١١ الى ١٣ وات للشمعة وفي الازوت يصرف ١٥ وات لكل شمعة وهذه المصابيح الأخرى هي التي تسمى مصابيح النصف وات لان جودتها ١٥ وات لكل شمعة ومن فوائد استعمال هذه المصابيح أن مقاومة أسلاكها تزداد بازدياد درجة حرارتها ولذلك اذا زاد الجهد عليها لسبب من الاسباب و زاد التيار لذلك

ارتفعت درجة الحرارة وزادت المقاومة فيقل التيار وتقل درجة الحرارة ولذلك لا يمكن أن تحترق ما دامت هذه الزيادة في الجهد بمقدار قليل ولكن لا يفوتنا أنه إذا زاد مقدار الجهد زيادة كبيرة فإن المصباح يحترق فمثلا إذا كان لدينا مصباح من النوع الذي يستعمل في الدوائر التي فيها الجهد ١٠٠ فولت ووضعناه في دائرة بها ٣٠٠ فولت فإنه لابد أن يحترق

وربما كان كافيا أن يزيد الجهد بمقدار ١٠ فولت ليحترق المصباح فمثلا المصباح الذي يستعمل عادة لجهد قدره ١٠٠ فولت يحترق غالبا على ١١٠ فولت

لهذا السبب كان من الضروري جدا أن لا يزيد مقدار الجهد أو يقل بأكثر من مقدار صغير والا احترقت المصابيح ولذلك ترى في جميع العالم المتمدين شروطا على الشركات أن لا تزيد الجهد أو تقله بأكثر من $\frac{2}{100}$ من مقداره المعين فمثلا - إذا فرض أن الشركة ترسل التيار الكهربائي للنازل بجهد قدره ١٠٠ فولت فليس من المسموح لها أن تتعدى المقدارين ١٠٢ و ٩٨ فولت على أكبر تقدير

وزيادة على أن المصابيح ربما تحترق من زيادة الجهد فإن السماح بتغير في الجهد أكثر من هذا يجعل المصباح تتغير قوته في الإضاءة فتصبح قوته أكثر من اللازم إذا زاد الجهد أو أقل من اللازم إذا قل الجهد وجميعنا يعلم عدم ملائمة ذلك في أحوال الانارة بالنسبة للراحة العامة

وهناك سبب آخر وهو انه اذا زاد الجهد ولو مقدارا قليلا فان هذا المصباح الذي زاد عليه الجهد لا يبقى كثيرا لان زمن استعمال المصباح يقل بسرعة بازدياد الجهد الذي يؤثر عليه ولذلك يكون سبب زيادة الجهد استهلاك هذه المصابيح بسرعة كبيرة تسبب نفقات كثيرة عند استبدالها بغيرها وقد يظن من ذلك أنه من المستحسن اذن ان تؤثر على المصباح بجهد أقل من الموضوع له لكي يمكن استعماله زمنا طويلا وهذا صحيح الا أن المصباح في هذه الحالة تكون شدة اضاءته ضعيفة بمقدار كبير لان النقص في شدة الاضاءة يكون كبيرا اذا نقص الجهد مقدار اصغيرا ولذلك لانكون قد استعملنا المصباح أحسن استعمال له

وبالاختصار فان أحسن ما يمكن ان يعمل به الانسان هو أن يضيء المصباح بقوته العادية تحت مقدار من الجهد يساوي المقدار الذي صنع له

بند (١٤٧) أحوال خاصة : نرى مما تقدم أنه اذا كان مصباح يضاء مباشرة من دينامو يولد جهدا متغيرا فان هذا المصباح اما ان يحترق اذا كانت زيادة الجهد في الدينامو عن المقرر للمصباح كبيرة أو على الأقل لا يعيش زمنا طويلا

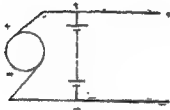
ولهذا يمكن الالتجاء الى احدى الطرق الآتية: —

الأولى - استعمال دينامو لا يتغير جهده الا بمقدار قليل جدا

ويمكن الحصول على ذلك باستعمال الدينامو المركب (ذى اللب المزدوج)

الثانية - استعمال الدينامو بحيث يكون المغناطيس فيه في درجة تشبع كبيرة

الثالثة - استعمال بطارية مع الدينامو لتوازن الجهد في الدائرة
شكل (٢١٢)



وسنشرح هذه الأشياء في الجزء الثاني من كتابنا هذا
شكل (٢١٢)

« كيفية عمل المصاييح »

(بند ١٤٨) المصاييح ذات السلوك الكربونية :- هي أقدم

أنواع المصاييح صنعا وأول من عملها هو . سوان . سنة ١٨٨٠ ولكنها ليست مستعملة بكثرة الآن بل حل محلها السلوك المعدنية للأسباب التي ذكرناها سابقا وتصنع سلوكها من مادة لزجة معروفة (بالسيلوز) مكونة من ذوبان وبر القطن في محلول كلورور الزنك وهذه تتحول الى خيوط بضغطها من فتحة رفيعة جدا في محلول من الكحول لكي تجف ويسهل تشكيلها على شكل ملفات ثم بعد ذلك تغسل جيدا لازالة ماعلق بها من المواد الغريبة وتوضع بداخل فرن درجة حرارته عالية جدا ساعات من الزمن وذلك لكربنتها ولتمائل جميع أجزائها وجفافها وكثرة مرونتها

وتؤخذ من الفرن وتوضع الى ان تبرد وتقطع بعد ذلك على حسب المقاسات المطلوبة وتلف على ضبعة مخصوصة لتعطى الشكل اللازم لسلك المصباح وتوضع داخل زجاجة مفرغة ويلاحم طرفاها بقطعتين من البلاتين

وتمتاز هذه السلوك عن السلوك المعدنية في كونها تنصهر عند درجة ٣٦٠٠ مئوية بينما معدن البلاتين مثلا ينصهر عند درجة ١٨٠٠ مئوية تقريبا وأيضا بالنسبة لكبر مقاومتها النوعية فانه يسهل الحصول على قوة بالشمعات قليلة من سلك صغير في حين أنه لا يمكن الحصول عليها من السلوك المعدنية الا اذا كانت طويلة ورفيعة لصغر مقاومتها النوعية

المصاييح ذات السلوك المعدنية :- تختلف هذه المصاييح

باختلاف أنواع معدن سلوكها فمنها ما هو مصنوع من معدن التانتلوم أو من معدن التانجستان وتوجد سلوك معدنية أخرى مصنوعة من بعض أكاسيد المعادن ولكننا سنكتفي بذكر معدني التانتلوم والتانجستان لأهميتهما ولكثرة استعمالهما

معدن التانتلوم :- اكتشف هذا المعدن في سنة ١٨٠٢

ويوجد بكثرة في استراليا وشمال افريقيا والسويد والنرويج وكثافته تختلف من ١٦,٨ الى ١٨ وينصهر عند درجة ٣٣٠٠ مئوية

يوجد هذا المعدن على شكل درافيل ممزوجة ببعض الاوساخ

والمواد الغريبة يمدن التخلص منها بصهره في افران عالية فتطفو على السطح العلوى ويصب السائل في قوالب وهذه يمدن طرقها بعد ان تبرد وسحبها وامرارها من ثقب رفيعة جدا بقطر السلك المطلوب

فالمصباح الذي قوته ٢٠ شمعة ١١ فولت يلزمه سلك قطر ٠.٥ رملليمتر وطوله ٦٥٠ ملليمتر وقد وجد ان الرطل الواحد من المعدن كاف لعمل ٢٥٠٠٠ مصباح قوة ٢٥ شمعة ١١ فولت معدن التانجستان : — يكثر وجود هذا المعدن في اماكن

كثيرة وتستعمل سلوكه بكثرة في معظم المصابيح الكهربائية وتصنع السلوك من المعدن مباشرة او بحزمه على شكل سيقان مغطاة بمادة غروية مثل الغراء او الدكستين ويمرر من ثقب الماظية رفيعة جدا تحت ضغط عال مقداره عدة اطنان للبوصة المربعة وتسخن بعدئذ بأمرار تيار كهربائي بها بحيث تكون هذه السلوك محاطة بغاز الايدروجين

فالمصباح الذى قوته ٣٢ شمعة ١٠ فولت يلزمه سلك قطره ٠.٤ رملليمتر وبعد تمام صنع هذه السلوك عمليا تقطع الى اطوال حسب قوة المصباح بالشمعات ويعرف الطول من العلاقة الآتية

$$\frac{\text{عدد ثابت} \times \text{قوة المصباح بالشمعات}}{\text{محيط السلك}} = \text{الطول}$$

$$\frac{\text{عدد ثابت} \times \text{قوة المصباح بالشمعات}}{\text{القطر} \times \text{النسبة التقريبية}} =$$

ويعرف العدد الثابت من نظرية الفوتومتر ويختلف باختلاف جودة وقوة المصباح

توضع هذه السلوك بداخل زجاجة ذات سمك رفيع تارة تكون كروية الشكل وهي الشائعة الاستعمال وتارة تكون اسطوانية الشكل وكيفية صنع هذه الزجاجة هو ان تنفخ بعد



شكل (٢١٣)

تسخينها بواسطة منفاخ اسطوانى من معدن الحديد يمر فى الرقبة الطويلة للزجاجة شكل (٢١٣) وبعد ان تبرد تنظف جيدا

وتنقب بثقب رفيع فى قاعها بواسطة بورى يدوى صغير وتثبت بهذه الفتحة انبوبة رفيعة طويلة كما هو مبين بشكل (٢١٤) فائدتها



شكل (٢١٤)

سهولة توصيل الزجاجة الى آلة مص الغازات ثم توضع السلوك المعدنية او الكربونية بالداخل حيث يلحم طرفاها بقطعتين من البلاطين او بقطعتين من البلاطين مع الزنك مع الغطاء الذى يوضع فوق رقبة الزجاجة التى ترتب بعد تسخينها

حيث تماسك مع الغطاء كما هو مبين بشكل (٢١٥) وبعد ذلك



شكل (٢١٥)

تفرغ الزجاجاة من الغازات الموجودة بداخلها بتوصيل الانبوبة الرفيعة الطويلة الى انبوبة آلة المص



شكل (٢١٦)

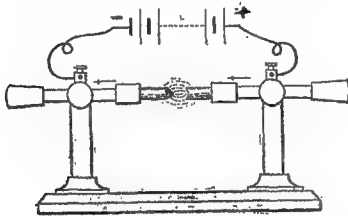
وفي أثناء عملية المص يمر تيار كهربائي بسلك المصباح كي يسخنه ويساعد على طرد ما تبقى من الغازات بداخل المصباح وبعدئذ نلحم قاع الزجاجاه بعد فصل الانبوبة عنها وتصير كما هو مبين بشكل (٢١٦)

بند (١٤٩) القوس الكهربائي: — يتركب من قطعتين من

الكربون على شكل أقلام او اسطوانات رفيعة كما في شكل (٢١٧) يمر فيهما التيار الكهربائي

وطريقة أحداث الضوء هي ان نجعل القلبين يتلامسان عند طرفيهما المتقابلين ونمرر التيار بينهما اذا ذلك فتولد حرارة عظيمة عند نقطة التلامس وتصل درجة الحرارة الى الاحمرار عند

هذه النقطة بعد ذلك نفصل أحد القليلين قليلا عن الآخر فنجد ان قوسا مضيئا يتولد في هذه المسافة الفاصلة بينهما



شكل (٢١٧)

الضوء الحادث من الأقواس شديد القوة حتى ان هذه الأقواس لها شدة أضائه تقدر بمئات الشمعات وغالبا تكون قوتها من ٥٠٠ شمعة الى ١٠٠٠ شمعة او أكثر وزيادة على ذلك فان درجة الحرارة الناشئة من هذا القوس كبيرة حتى أنها تقدر بما يزيد عن ٣٠٠٠° مئوى لهذا نرى ان هذه الأقواس الكهربائية لا تصلح لأضاءة غرف المنازل لان قوة أضائتها أكثر بكثير مما يلزم لهذه الغرف ولذلك تستعمل في الميادين او في الشوارع او في المحال التجارية لعرض الاشياء التى فيها او في محطات السكك الحديدية او ما يماثل ذلك

كما ان هذه الأقواس تستعمل في الأفران الكهربائية لشدة الحرارة التى تنتج منها فتستعمل في هذه الأفران لصهر المعادن

التي لا تصهر بالطرق المعتادة لأحتياجها لدرجة كبيرة من الحرارة وهذه الأقبواس تشتعل في الهواء الخالص ولذلك يحدث الاحتراق المعتاد ويقل طول هذه الأقبلام الكربونية بالأستعمال ولهذا يجب تغيرها كلما تأكلت

والقلم المتصل بالقطب الموجب أى القلم الذى يدخل منه التيار يتآكل بسرعة تساوى ضعف تأكل القلم الآخر تقريبا ولذلك يستبدل أثنان منه مقابل واحد من القلم السالب وقد يستعمل قلبان أحدهما سميك والآخر رفيع ويكون السميك هو الموجب والرفيع السالب بحيث يكون طولهما واحدا ولكن مقطع الأول ضعف مقطع الثانى لكى يحترقا بسرعة واحدة ويتغيران معا

وقد نصل الى ذلك أيضا بجعل المقطع واحد للقلبين فقط يكون طول الموجب ضعف طول السالب

والشئ المهم فى هذه الأقبواس الكهربائية أنها ذات جودة عظيمة فهى لا تستهلك أكثر من $\frac{1}{4}$ وات لكل شمعة ولذلك يكون استعمالها اقتصاديا عند الحاجة الى ضوء شديد

ومع ذلك فإن المصباح المتألق قد يصنع الآن لاعطاء شدة إضاءة تماثل القوس أى لغاية ألف شمعة أو أكثر وقد عملت هذه الأقبواس لتشتغل داخل غطاءات زجاجية مفرغة من الهواء لكى لا تحترق بالاكسجين ولكن هذه الأنواع لم تستعمل كثيرا لأنها تستهلك أكثر من الأنواع الأخرى اذا كانت القوة واحدة

وانسب مقدار للجهد الذي يحدث القوس الكهربائي هو
٥٠ فولت تقريبا ولهذا تجد ان هذه الاقواس توضع كل اثنين
منها على التوالي اذا كان جهد الدائرة = ١٠٠ فولت او كل أربعة
منها على التوالي اذا كان جهد الدائرة = ٢٠٠ فولت وهكذا

ويمكن ان يشتغل القوس بمقدار من الجهد بين ٣٥ و ٧٠
فولت ولكن العدد السابق ٥٠ فولت هو أنسب مقدار لها واذا
لم يكن هناك غير قوس واحد يمكن استعماله على دائرة جهدها ١٠٠
فولت فيوضع معه على التوالي مقاومة تأخذ باقى الجهد لكي يكون
على القوس جهد ٥٠ فولت تقريبا

وفي هذه الحالة يغير مقدار المقاومة تدريجيا حتى يكون
الضوء الحادث من القوس اكبر ما يمكن كذلك عند فصل
القلبين مسافة صغيرة لاحداث القوس ويلاحظ أنه عند ابتداء
فصل القلبين يزداد الضوء بازدياد المسافة الفاصلة الى ان فصل
الى مسافة معلومة لوزدنا عنها قليلا انقطع القوس نهائيا وانقطع
معه التيار

من هذا نستنتج انه اذا كان كل من القلبين ثابتا وكانت المسافة
بينهما التي يحدث فيها الضوء هي أنسب مسافة فان احتراق القلبين
يجعل هذه المسافة تكبر ويأتى وقت ينقطع فيه القوس ويقف
التيار ولا يحدث اي ضوء

وللتخلص من ذلك طريقتان

الأولى — اذا كان القوس مستعملا لاجداث صور مثلا بواسطة الفانوس السحري او السينما فأن العامل يمكنه ان يضبط المسافة بيده كلما احتاج الامر ذلك

الثانية — يوضع جهاز أتوماتيكي مع القلبين يقربهما كلما احترقت على قدر الحاجة وهذا الجهاز الأتوماتيكي يتحرك بتأثير التيار المار في القوس

بند (١٥٠) الجهاز الأتوماتيكي

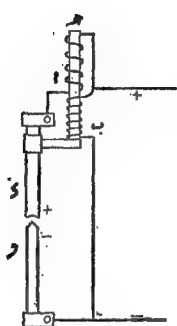
لا حظنا مما سبق أنه يجب ان يكون الجهاز الميكانيكي المطلوب في قدرته عمل الآتي

(١) تكون أقلام الكربون في حالة تماس عند ابتداء مرور التيار الكهربائي به

(٢) يفصلها مسافة معلومة كافية لحدوث القوس

(٣) عند احتراق الكربون من التشغيل يتحرك القلبان بسهولة وبدون اي تذبذب تجاه بعضهما بحيث تكون مسافة القوس ثابتة

ولقد عملت أجهزة ميكانيكية لهذا الغرض معظمها تعمل على التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي أبسطها والمستعمل بكثرة وهو المبين بالشكل (٢١٨) ويتركب من ملفين (٦٦)

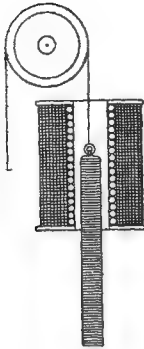


شكل (٢١٨)

أحدهما (١) ملفوف بسلك سميك و عدد لفات قليلة و متصل بالتوالى مع دائرة القوس والاخر (ب) ملفوف بسلك رفيعة دقيقة ولفات كثيرة و متصل بالتوازي مع دائرة القوس و في وسطهما قلب من الحديد (هـ) قابل للحركة و متصل بالقلم الكهربوي الموجب (و) فاذا اقلعت دائرة المصباح وكان القلبان غير متماسين فإنه لا يمر أى تيار بملف التوالى (١) بل يمر جزء منه في ملف

التوازي (ب) ولا يمر جميعه نظرا لكبر مقاومته وهذا يولد مجالا مغناطيسيا يجذب القلب الى أسفل فيحدث التماس للقلبين الموجب والسالب وعندئذ يمر معظم التيار الكهربائى في ملف التوالى لقلة مقاومته وهذا يولد مجالا مغناطيسيا قويا يجذب القلب الى أعلى و يفصل القلبين من بعضهما ويحدث القوس

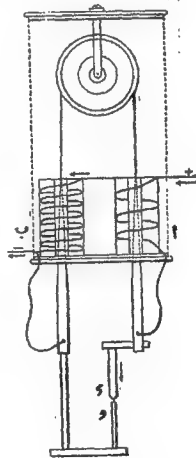
فاذا تأكل الكربون بان : ادت المسافة بين الاقلام عن اللازم ينقطع سير التيار في ملف التوالى و يمر عندئذ جزء منه في ملف التوازي وهذا يجذب القلب الى أسفل مسافة كافية لحدوث القوس وهكذا يكون عمله أوتوماتيكيا وهناك طرق مختلفة في وضع الملفات في هذه الاجهزة لا توماتيكية



(شكل ٢١٩)

فمنها ما يكون فيه ملف التوازي فوق
ملف التوازي كما مبين هو بشكل (٢١٩)
ومنها ما يكون ملف التوازي بجوار
ملف التوازي ويتحرك في وسط كل
منها قلب من الحديد والقلبان متصلان
بواسطة سلسلة تتحرك حول بكرة
ونهاية قلب الحديد الذي يتحرك في وسط

ملف التوازي متصلة بالقلم الكربوني
الموجب بينما القلب الذي يتحرك
في وسط ملف التوازي متصل
بالقلم السالب شكل (٢٢٠)
وهذا الجهاز الاتوماتيكي
يتحرك بتأثير التيار المار في
القوس بالطريقة السابق شرحها



(شكل ٢٢٠)

بند (١٥١) طرق توصيل المصابيح الكهربائية

(أولاً) — التوصيل على التوالي : قديماً عند بدء استعمال المصابيح الكهربائية استعمل التوصيل على التوالي وهو كما مبين بشكل (٢٢١)



شكل (٢٢١)

وفي هذه الحالة تكون شدة التيار المارة بالدائرة ثابتة أى أن الشدة المارة بالمصباح الاول تساوي الشدة المارة بالمصباح الثانى وهكذا ويتغير فرق الجهد لكل مصباح تبعاً لعدد المصابيح المستعملة وفرق الجهد الكلى للدائرة

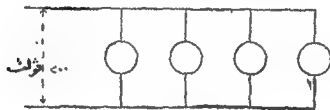
فمثلاً اذا كانت الدائرة تحتوى على أربعة مصابيح متصلة بالتوالى والشدة المارة بها أمبير واحد وكان فرق الجهد الكلى ٢٠٠ فولت وكانت مقاومة كل من المصابيح واحدة فيكون فرق الجهد لكل مصباح $\frac{200}{4} = 50$ فولت

وهذا التوصيل لا يستعمل الآن لانه لو احترق أحد المصابيح

يقف سير التيار وتنطفئ جميعها وأيضاً اذا كانت هناك مصابيح كثيرة وجب أن يستعمل لها جهد كبير

(ثانياً) - التوصيل على التوازي

وهو كاليمين بشكل (٢٢٢) وفيه يكون فرق الجهد لكل مصباح



شكل (٢٢٢)

واحداً وهو مقدار فرق الجهد الكلي للدائرة وشدة التيار المارة بكل مصباح تختلف حسب مقاومته

وشدة التيار الكلية في الدائرة تساوي مجموع الشدة المارة بالمصابيح

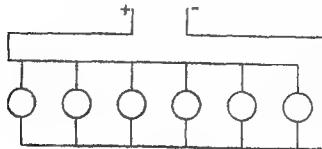
فمثلاً اذا كانت الدائرة تحتوي على أربعة مصابيح متشابهة متصلة بالتوازي والتيار الكلي بها أمبير واحد و فرق الجهد الكلي ٢٠٠ فولت فيكون فرق جهد كل مصباح = ٢٠٠ فولت والشدة المارة به = ٢٥٠ أمبير

ويلاحظ في هذا التوزيع ان دائرة كل مصباح مستقلة عن دوائر المصابيح الاخرى فاذا انطفأ اي منها فانه لا يؤثر على المصابيح

الآخري ولذلك أصبحت هذه الطريقة هي الوحيدة المستعملة الآن إلا في بعض احوال خاصة

وزيادة على ما تقدم فإن تقدم صنع هذه المصابيح وسهولة عمل عدد كبير منها للاتاج التجارى لتكون ذات مقاومة واحدة داخلية وتحملها ضغطا ثابتا قد ادى الى شيوع استعمال طريقة التوازي هذه

يلاحظ ايضا في طريقة التوصيل على التوازي ان المصابيح ليست على بعد واحد من نقطة توزيع التيار على الدائرة لذلك تكون مقاومة الاسلاك الموصلة الى مصباح متعلقة ببعد هذا المصباح عن نقطة التوزيع هذه ونتيجة ذلك ان الجهد المؤثر على اى مصباح يقل تبعا لكبر مسافته عن نقطة التوزيع ويمكن تجنب ذلك باستعمال الطريقة المبينة بشكل (٢٢٣) وفيها نرى ان شدة التيار اللازمة لكل مصباح تمر بساوك ذات اطوال واحدة ولذلك يكون الجهد لاي مصباح مقدارا ثابتا تقريبا



شكل (٢٢٣)

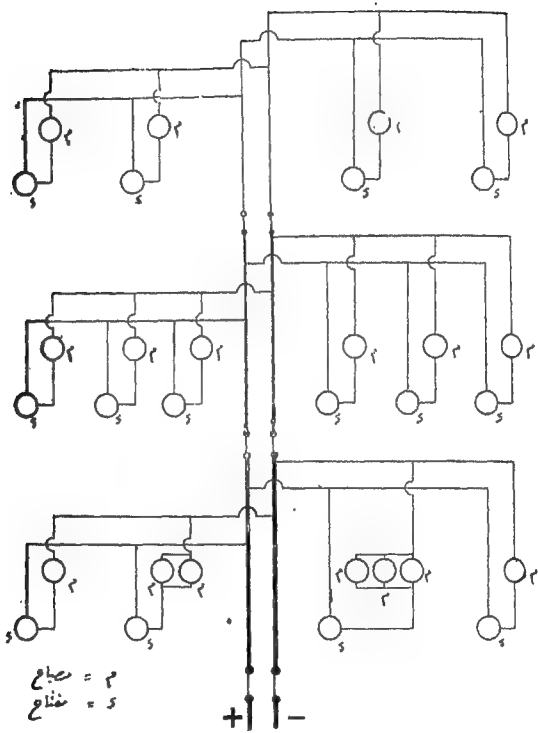
بند (١٥٢) طرق التوصيل داخل المنازل والفنادق والاماكن

العمومية

توجد طريقتان للتوصيل (الاولى) طريقة الشجرة وكانت تستعمل قديماو (الثانية) طريقة التوزيع وهى الشائعة الاستعمال الآن وقبل شرح هاتين الطريقتين نذكر ما يأتى : —

يمكن الحصول على التيار الكهربائى من محطة التوليد العمومية التى تكون ملكا لشركة خصوصية كما هو موجود بالقاهرة او تابعة لمجلس بلدى كما هو فى بنادر المديرىات

وهذه الشركات توزع التيار بواسطة سلوك عمومية فى الشوارع ومنها تتفرع الى المنازل وترسل بواسطة سلكين معزولين للنزل أو المكان المراد توزيع التيار به وبعدئذ تتصل بالمصهرات العمومية ثم بالعداد وبعدھا يترك العمل لعامل الاسلاك فى تركيب السلوك داخل المنزل حسب عدد المصابيح المراد توصيلها واستعمالها وشكل (٢٢٤) يبين توصيل ١٧ مصباحا كل مصباح له مفتاح خاص وهذه هى طريقة الشجرة وطريقة عمل ذلك هى ان يمد السلكان العموميان رأسيا داخل البناء بحيث يكون سطح قطاعها مختلفا فى كل دور من أدوار المنزل فعند الدور الأول يكون سطح قطاع السلك العمومى أكبر منه عند الدور الثانى وهذا أكبر منه فى الدور الثالث وهكذا لأن السلوك الرئيسية الممتدة بالدور الاول تغذى الادوار الثلاثة

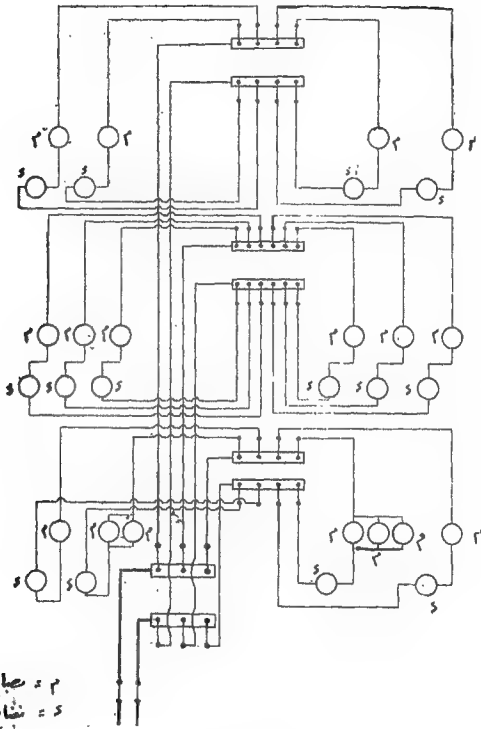


شکل (۲۷۴)

اما الممتدة بالدور الثاني فلا تغذي الا الدورين الثاني والثالث
اما الممتدة بالدور الثالث فانها تغذي الدور الثالث فقط
وتتصل السلوك الرئيسية لكل دور بالدور الذي يليه بواسطة
مصهرات ومنها تتفرع دوائر المصاييح المراد استعمالها
وعيب هذه الطريقة هو استعمال وصلات كثيرة بحيث اذا
حصل اى تلف او انصهر أى مصهر كان من الصعب معرفة
مكان الخطأ وشكل (٢٢٥) يبين طريقة توصيل ال ١٧ مصباح
بطريقة التوزيع وفيها السلوك الرئيسية الممتدة من الشركة الى
المنزل بعد توصيلها الى مفتاح التوصيل فالمصهر العمومى فالعداد
تتصل بصندوق توزيع عمومى يحتوي على عدد من أطراف
دوائر مساوية لعدد طبقات المنزل وكل دائرة متفرعة منه الى كل
دور تتصل بصندوق عمومى مساعد ومنه تتفرع دوائر المصاييح
المستعملة في هذا الدور وبالمثل في الطبقات الاخرى

وكل دائرة من الدوائر تتصل بمصهر يوضع بداخل الصندوق
بحيث يوصل أطراف الدوائر المحتوي عليها كل صندوق
والعيب الوحيد في هذا التوصيل هو استعمال عدد كثير
من السلوك

والجدول الآتى يبين مميزات كل من الطريقتين

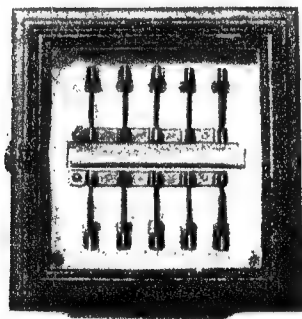


عيوبه	فوائده	نوع التوصيل
<p>(١) يحتاج الى وصلات كثيرة و يترتب على ذلك</p> <p>(١) عمل كثير يحتاج الى وقت وعمال</p> <p>(ب) استعمال كمية كبيرة من المواد العازلة</p> <p>(ج) خطر من هروب التيارات بالمباني</p> <p>(د) خطر من زيادة درجة حرارة السلوك مالم تكن الوصلات جيدة</p> <p>(٢) صعوبة معرفة موضع الخطأ</p> <p>(٣) صعوبة استبدال المصهرات</p> <p>(٤) صعوبة معرفة متى تكون الدائرة محملة فوق طاقتها</p>	<p>(١) اقتصاد في السلوك وما يترتب عليه من اقتصاد في المواسير</p> <p>(٢) لا يحتاج لاعتناء كثير في توزيع العمل</p> <p>(٣) من السهل اضافة مصابيح أخرى في الدائرة</p>	<p>ب ج د هـ</p>
<p>(١) تحتاج الى سلوك ازيد من اللازمة في طريقة الشجرة</p> <p>(٢) زيادة التكاليف الابتدائية</p>	<p>(١) لا تستعمل الوصلات</p> <p>(٢) يمكن فصل أى دائرة بدون أن تؤثر في الدوائر الأخرى</p> <p>(٣) يمكن اختبار كل دائرة على حدها ومعرفة موضع الخطأ بها بسهولة</p> <p>(٤) سهولة استبدال المصهرات</p> <p>(٥) « حساب شدة التيار اللازمة وسقوط الضغط</p>	<p>ب ج د هـ</p>

نرى إذن أن طريقة التوزيع هي الأفضل ويجب ان تستعمل
في التوصيل داخل المنازل والفنادق وخلافه

ويلزم انتخاب مكان مناسب يوضع فيه صندوق التوزيع
بحيث يكون من السهل توصيل السلوك العمومية وسلوك دوائر
المصاييح اليه فاذا وضع في مكان رطب مثلاً وجب ان يكون
محكم الصنع بحيث لا ينفذ اليه الماء

وشكل (٢٢٦) يبين صندوقاً للنس دوائر مصاييح ويركب



شكل (٢٢٦)

من صندوق من الخشب ذي غطاء من الزجاج مثبت بداخله
بواسطة مسامير محوية خوصتان من النحاس تكونان الموجب
والسالب العموميين مفصولتين احدهما عن الاخرى بواسطة

قطعة خشبية بارزة خوفا من حدوث اى قصر بينهما ومثبت بكل من الخوصتين مسبار محوي ذو صامولة متحركة لربط السلكين العموميين المار بهما التيار الكهر بائى المراد توزيعه بالمنزل ومثبت بهذه الخوص أيضا أطراف مصبرات الخس الدوائر التى تكون اطرافها الاخرى مثبتة بقطع نحاسية ذات مسامير محوية ليربط فيها سلوك دوائر المصاييح

وعلى ذلك ترى ان كل دائرة لها مصبران أحدهما للطرف الموجب والاخر للطرف السالب

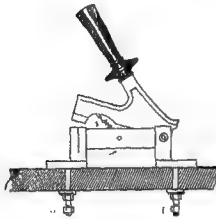
بند (١٥٤) (الأجهزة المشتركة في التوزيع

(اولا) المفاتيح : — لقد قلنا انه يمكن ضبط مرور التيار في اى دائرة كهربائية بواسطة مفتاح توصيل يوضع فى الدائرة ليوصل او يفصل نقطتى اتصال بأحد فرعيها او بين نقطتين بكل من الفرعين ويكون فى الحالة الاولى ذا نقطتى اتصال وفى الحالة الثانية ذا أربع نقط اتصال كل نقطتين منها فى فرع واحد من الفرعين وفى هذه الحالة الاخيرة تسمى المفاتيح المزدوجة وهذه المفاتيح تختلف باختلاف استعمالها فالمستعملة منها فى الدوائر الأصلية أو الدوائر ذات التيارات الكبيرة تكون من المفاتيح المزدوجة مركبة على قاعدة عازلة مصنوعة من الرخام او خشب الازدواز ويتركب المفتاح المزدوج البسيط من خوصتين من النحاس مثبتتين فى مقبض من خشب الأبنوس كل خوصة توصل فرعاً من فرعى الدائرة شكل (٢٢٧) وأحد طرفيها مثبت تشبيتا مفصليا بقطعة



شكل (٢٢٧)

نحاسية متصلة بنقطة من الدائرة وطرفها الآخر يتحرك بواسطة المقبض ليوضع في فتحة موجودة بقطعة نحاسية أخرى عرضها مساو لعرض الخوصة بالضبط ومثبتة في قاعدة المفتاح ومتصلة بنقطة الدائرة الأخرى ومثبت في وسط الخوصة المتحركة وقاعدة المقبض يابى فائدته منع سقوط الخوصة عند فتح الدائرة والتحقق من وجود فتحة ذات مقاومة لانتهائية تمنع مرور التيار وشكل (٢٢٨) يبين قطاعا للمفتاح يستعمل في فرع



شكل (٢٢٨)

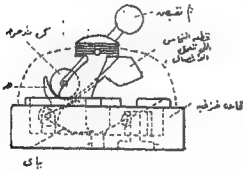
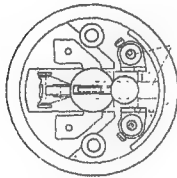
واحد من فرعى الدائرة وفيه مساران محويان ١ و ٢ لربط سلكى الدائرة ومبين فيه أيضا الخوصة الموصلة م والياى ، وعند استعمال اى مفتاح في دائرة كهربائية يجب

(١) أن يصمم بحيث يتحمل تيارات ذات شدة و فرق جهد أزيد عن اللازم للدائرة الموضوع بها بمقدار ٥٠ ٪

(ب) أن تكون نقط الاتصال جيدة التماس

(هـ) أن لا تزداد درجة حرارته اذا مر به التيار مدة من الزمن
لذلك تكون كثافة التيار به ٤٥٠ أمبير للبوصة المربعة اذا صنعت
أجزاءه من معدن النحاس الأصفر أو من معدن المدافع ٨٠٠ غ
أمبير لكل بوصة مربعة اذا كانت من معدن النحاس الأحمر
٢٥٠ غ أمبير لكل بوصة مربعة من سطح التماس

أما المفاتيح المستعملة في الدوائر ذات التيارات الضعيفة



شكل (٢٢٩)

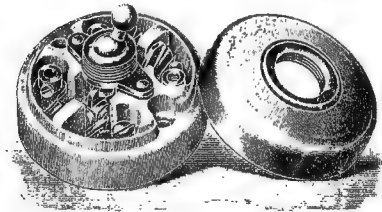
كدوائر المصابيح مثلاً
فإنها توضع في فرع واحد
من فرعي الدائرة وتكون
قواعدها وغطاؤها مصنوعة
من الخزف الصيني المصقول
وشكل (٢٢٩) يبين قطاعاً
لمفتاح توصيل من هذا
النوع فاذا تحركت قبضة
المفتاح الى اليسار فإن الكرة
المتدحرجة بداخله تضغط
على قطعة نحاسية توصل

النقطتين أ ب الموصل بهما سلكا الدائرة ويمر التيار بالمصباح
وعند فتح الدائرة تحرك القبضة الى اليمين فتدحرج الكرة وتضغط
على النقطة ج وهذه ترفع القطعة النحاسية وتمنع اتصال النقطتين

أوب وقد وضع ياي بداخل المفتاح كما هو مبين لمساعدة رد القطعة النحاسية بسرعة عند الفتح وذلك منعا لحدوث أى شرر كان وتارة تكون هذه المفاتيح مغطاة بغطاء معدنى وفي هذه الحالة اذا استعمل هذا المفتاح في دائرة كهربائية فرق جهدها يزيد عن ١٢٥ فولت يغطى غطاؤه من الداخل بطبقة من مادة عازلة خوفا من حدوث القصر

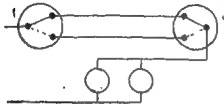
مفاتيح التوصيل ذات الطريقتين :- هذه المفاتيح تستعمل

لدائرتين مستقلتين ومتصلتين بينوع واحد ويكون تركيبها من الداخل مشابها تماما للمفاتيح ذات الدائرة الواحدة غير أن بها ثلاث فتحات لربط الثلاثة السلوك الموصلة (شكل ٢٣٠) وتستعمل هذه المفاتيح لأغراض كثيرة فمثلا يمكن أن توضع في دائرة نجفة محتوية على عدد من المصاييح تضى بعض المصاييح أو جميعها حسب الحاجة



شكل (٢٣٠)

وأيضا تستعمل لتضيء مصباحا أو جملة مصابيح من مكانين مختلفين والدائرة الميمنة بشكل (٢٣١) هي دائرة مصباحين لأتارة

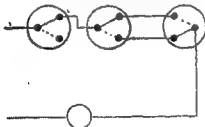


(شكل ٢٣١)

مصعد منزل يستعمل في توصيلها مفتاحين من هذا النوع المفتاح (١) موضوع بالدور الاول والمفتاح

(ب) بالدور الثاني

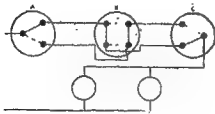
والمصباحان موضوعان في وسط المصعد بحيث يمكن انارتها من المفتاح (١) عند الصعود واطفاؤهما من المفتاح (ب) أو إنارتها من المفتاح (ب) عند النزول واطفاؤهما من المفتاح (١) ويستعمل



(شكل ٢٣٢)

في بعض الأحيان مفتاح آخر شكل (٢٣٢) مع المفتاحين ١ و ٢ ويستعمل لمنع التيار في دائرة المصعد في أوقات النهار أو عند الحاجة لذلك

المفاتيح ذات الأربعة الأطراف :- قد يحتاج أحيانا لاضائة



(شكل ٢٣٣)

مصباح أو مصباحين من ثلاثة أما كن أو أكثر كمصابيح مصعد منزل ذي ثلاث طبقات مثلا ففي هذه الحالة تكون دائرة المصابيح كالميمنة

بشكل (٢٣٣) ويكون المفتاحان ١ و ٢ الموجودان بالدورين الاول والاخير من النوع ذى الطريقين السابق

الذكر ويكون مفتاح

الوسط (ب) من النوع ذى

الاربعة الاطراف توصل

اليه السلوك بالكيفية المبينة

بشكل (٢٣٣) ومنه نرى

أن كل مفتاح من هذه

يمكنه أن يضىء أو

يطفىء مصابيح المصعد

وشكل (٢٣٤) يبين دائرة

مصابيح مصعد منزل ذى

أربع طبقات وفيه المفتاحان

الاول والاخير ١ و ٢ من

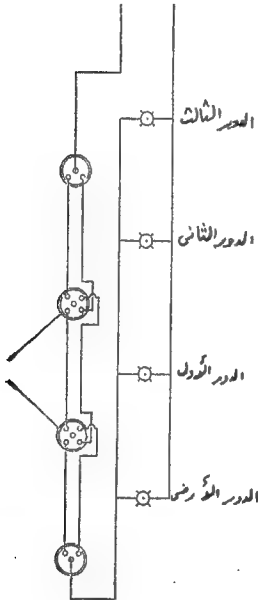
النوع ذى الطريقين أما

المفتاحان ٣ و ٤ اللذان

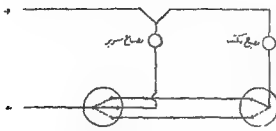
بالدورين الاول والثاني

فهما من النوع ذى الاربعة

الاطراف



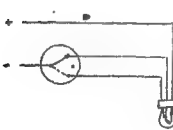
شكل (٢٣٤)



شكل (٢٣٥)

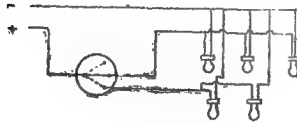
وشكل (٢٣٥) يبين
طريقة توصيل مصباح
مكتب هذا كرة ومصباح
سرير بحيث يمكن إضاءة
مصباح المكتب من

السرير واطفاء مصباح السرير عند النوم ولا يمكن إضاءة الاثنين
في وقت واحد



شكل (٢٣٦)

وشكل (٢٣٦) يبين مصباحاً
ذا مقاومتين يضاء بواسطة مفتاح
ذى طريقين ويستعمل لاجداث ضوء
شديد اذا مر التيار في ملفه الطويل
أو لاجداث ضوء بسيط ليلاً اذا مر
التيار في ملفه القصير

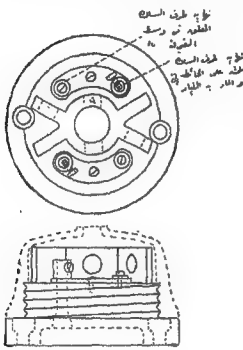


شكل (٢٣٧)

(وشكل ٢٣٧) يبين طريقة توصيل نجفة ذات خمسة مصابيح
بحيث يمكن اضاءة اثنين منها على حدة أو ثلاثة على حدة أو
الخمس معاً

(ثانيا) ورد السقف

تستعمل الوردة لتثبيت في السقف وتوضع في دائرة المصباح اذا علق في وسط الغرفة وهي وسيلة الغرض منها توصيل سلوك المصباح بدائرته لكي تضمن متانة تعاقبه وأيضا للسهولة الميكانيكية



(شكل ٢٣٨)

في التوصيل بدون حصول أي تماس للسلوك عند ثنيها وهي كالمبينة بشكل (٢٣٨) تتركب من غلاف من خزف الصيني المصقول بداخله لوحان صغيران من النحاس مفصولان عن بعضهما بحاجز من الصيني بكل لوح منها ثقبان صغيران أحدهما لتثبيت سلك من سلكي الدائرة الممتدة على

الحائط والآخر يثبت فيه أحد سلكي المصباح المعلق وهذه الوردة ذات غطاء من الصيني ذي ثقب يمر منه السلكان المتصلان بالمصباح ولضمان حمل المصباح يجب ان لا يربط السلكان بالثقبتين مباشرة بل يمر أحدهما من الفتحة (١) ويلف ويخترق الفتحة (ب) — وهاتان الفتحتان موجودتان في أحد جانبي الحاجز الصيني — ويربط في ثقب اللوح وبالمثل للسلك الآخر

الكهربائي له ويتصل كل زنبرك بقطعة نحاسية يربط فيها السلك المراد توصيله للمصباح بواسطة مسمار محوى وتنفصل القطعتان النحاسيتان عن بعضهما بواسطة حاجز من الصيني على هيئة حرف S ويثبت المصباح بالماسك بواسطة زرين بارزين منه يوضعان في فتحتين بالماسك وبواسطة الضغط عليه لا يمكن أن يسقط اذا حصل له أى اهتزاز . ومثبت فوق الماسك حلقة مقلوطة لتحمل غطاء المصباح وشكل (٢٤٠) يبين مصباحا ذا غطاء مثبت في ماسك

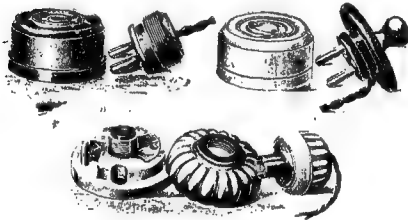
ويجب ان يلاحظ عند تثبيت السلوك بالماسك ان تكون معزولة جيدا لئلا يحدث قصر من تماسها



شكل (٢٤٠)

(رابعاً) البرايـز

تستعمل البرايـز في الأحوال التي يراد بها تشغيل مصباح
متنقل أو مروحة هوائية أو مكوى أو خلافة
وشكل (٢٤١) يبين ثلاثة أنواع مختلفة منها بغطياتها



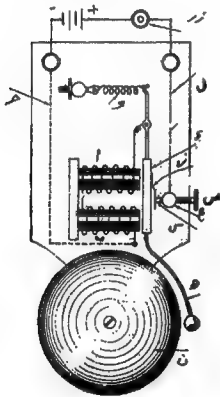
شكل (٢٤١)

وتصنع البريزة من غلاف من الصيني المصقول ذات قاعدة
خشبية لتثبيتها في الحائط وبداخلها ثقبان أسطوانيان يتصلان
بمسارين حويين يربط فيهما سلكا الدائرة الممتدة من ينبوع الكهرباء
ويصنع الغطاء أيضا من غلاف من الصيني المصقول أو من
خشب الكوكو يبرز منه أسطوانتان نحاسيتان بحجم الثقوب التي
بالبريزة تماما ويتصل بهما سلكا المروحة أو المصباح المتنقل أو
المكوى وهذا الغطاء ينتقل مع المروحة بسلو كما عند عدم
الاستعمال

فاذا وضع الغطاء على البريزة بأن انطبقت الاسطوانتين
البارزتين للغطاء في ثقبى البريزة يتم مرور التيار

بند (١٥٥) الجرس البسيط

يتركب كما في شكل (٢٤٢) من ملفين ١ و ٢ متصلين بالتوالي ويكوّنان مغناطيسا كهربائيا بداخل كل منهما قلب من الحديد المطاوع وابتداء هذين الملفين متصل بأحد طرفي الجرس بواسطة الوصلة (د) ونهايتهما تتصل بقطعة معدنية من الحديد المطاوع (هـ) موضوعة أمامها وهذه القطعة متصلة من أسفل بمطرقة (و) امام ناقوس من البرونز (ز) ومركب بهذه القطعة صفيحة



شكل (٢٤٢)

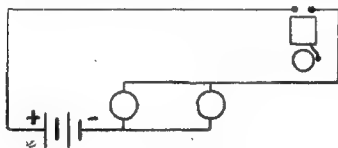
رفيعة مرنة (زهركية) (ز)
ترتكز بنقطة اتصال من البلاطين
(س) على مسبار محوي (ص)
مركب في قطعة نحاسية (ع) متصلة
بالطرف الآخر للجرس بواسطة
الوصلة (د) وتكون دائرة سير
التيار به من أحد طرفيه الى الملفين
فالقطة المعدنية فالصفيحة الرقيقة
فالمسبار فالطرف الآخر
فبعد ما يضغط على الزرير
التيار بملفات الجرس فيتولد مجال
مغناطيسي حولها وهذا المجال
يمغنطس القلوب الحديدية التي

بدخلها فتجذب القطعة المعدنية (هـ) وتطرق المطرقة الناقوس

وفي هذه اللحظة تنفصل نقطة اتصال الصفيحة الزنبركية (س) عن المسمار المحوى وينقطع سير التيار فينعدم المجال المغناطيسى فالجذب و ترجع القطعة المعدنية الى نقطة ارتكازها الأولى للمسمار بتأثير الصفيحة الزنبركية ويحصل الاتصال ثانيا ويمر التيار وهكذا تتكرر الدورة ونحصل على عملية الجذب والرجوع للمطرقة ما دام الزر مضغوط

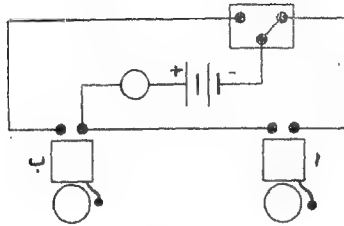
ويوجد في الاجراس الحديدى الصنع يالى منظم (و) فائدته تنظيم الحركة المنتتابة للقطعة المعدنية (و) وذلك بقرب او بعد نقطة الاتصال (س)

وشكل (٢٤٣) يبين دائرة جرس يمكن دقه بواسطة زرين موضوعين فى مكانين مختلفين كغرفتين مثلا



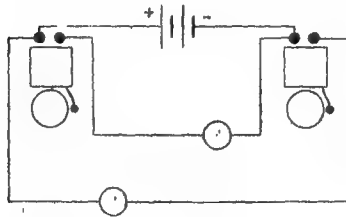
شكل (٢٤٣)

وشكل (٢٤٤) يبين دائرة جرسين يمكن دق كل منهما بواسطة زر واحد ومفتاح ذى طريقين فعندما يكون المفتاح فى الموضع المبين بالشكل فان الزر يحمل الجرس (١) يدق بمفرده وتستعمل



شكل (٢٤٤)

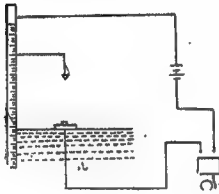
هذه التوصيلة في جملة حالات فلنفرض مثلا ان رئيسا لمكتب
هندسى يريد ان يكون على اتصال بغرفة الكتبة وغرفة المهندسين
فيوضع الزر مع المفتاح ذى الطريقتين بمكتب الرئيس وأحد
الجرسين بمكتب الكتبة والجرس الآخر بمكتب المهندسين



شكل (٢٤٥)

وشكل (٢٤٥) يبين دائرة جرسين يمكن دقهما بواسطة

زرين فالزر الموجود بجوار الجرس (١) يذق الجرس (ب) والزر الموجود بجوار الجرس (ب) يذق الجرس (١) وفائدة ذلك هو أنه عند وجود غرفتين (١) و (ب) مفصولتين إحداهما عن الأخرى فالشخص الذي بالغرفة (١) يمكنه استدعاء الموجود بالغرفة (ب) وبالعكس

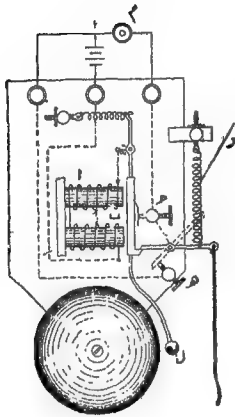


(شكل ٢٤٦)

وشكل (٢٤٦) يبين توصيلة منبه المناسيب بحيث إذا ارتفع الماء للمنسوب المطلوب تتم دورة الجرس فيذق وتستعمل هذه الطريقة بكثرة في أحواض المياه لتنبه العامل على أن الحوض امتلأ للمنسوب المطلوب

بند (١٥٦) الجرس المستمر الدق

يتركب كما في شكل (٢٤٧) من ملف مغناطيسي (١) أمامه رافعة على شكل زاوية (ب) متصلة بمطرقة (د) أمامها ناقوس ويرتكز عليها قطعة معدنية بأحد طرفيها وطرفها الآخر محمول بواسطة ياي (و) فأذا ضغط على الزر (م) يمر التيار من البطارية إلى الملف (١) إلى الرافعة (ب) فالسبار المحوى (هـ) ويرجع للبطارية وفي هذه اللحظة تنجذب الرافعة (ب) نحو الملف (١) فتسقط القطعة المعدنية وتتماس مع السبار (هـ) فتم

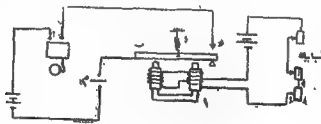


شكل (٢٤٧)

دورة كهربائية أخرى
مستقلة عن الأولى ويمر
التيار بالجرس ويستمر دقه
بدون استعمال الزر (م)
الذى يصبح لا أهمية له بعد
ذلك

وشكل (٢٤٨) يبين
دائرة جرس منه للصوص
وتحتوى دائرة الجرس فيه
على مفتاح (م) ويفتح
بالنهار - ويقفل بالليل
وعندما تكون الشبايك
مقفلة يستمر مرور التيار

بالملف (١) وتنجذب اليه الرافعة (ب) فاذا فتح أحد الشبايك

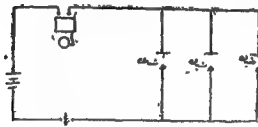


شكل (٢٤٨)

بواسطة لص تنفتح دائرة الملف (١) فنعدم مغناطيسيته وتنطرد
الرافعة (ب) الى أعلى بواسطة الياي (و) وتتاس مع النقطة

(٥) و تتم دورة الجرس فيدق

أما شكل (٢٤٩) فيبين دائرة جرس منبه للصوص أيضا

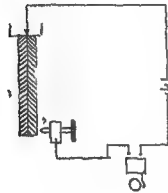


شكل (٢٤٩)

بحيث إذا فتح أى شبك
تمت دائرة الجرس فيدق
و شكل (٢٥٠) يبين

دائرة منبه الحريق فالساق

الرأسى (١) يحتوى على خوصتين اليسرى منهما من النحاس
والئى من الحديد مثبتتين ببعضهما فعندما تزداد درجة الحرارة



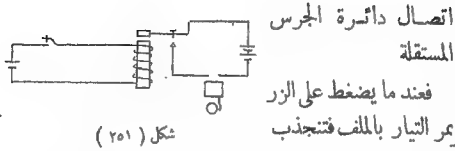
يزداد تمدد النحاس على تمدد الحديد
فينحنى الساق من الداخل ويعمل اتصال
مع المسمار (و) فتتم دورة الجرس فيدق

بند (١٥٧) المتمات المستعملة في

توصيل الأجراس

عندما يراد توصيل جرس يكون شكل (٢٥٠)

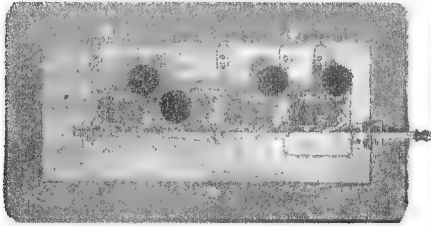
موضعه بعيدا بمسافة كبيرة عن مركز الزر كما هى الحالة فى العمارات
الكبيرة ويخشى من قلة شدة التيار الخارج من البطارية لبعد
المسافة تستعمل المتمات وشكل (٢٥١) يبين متما لدائرة جرس
يركب من ملف مغناطيس يتصل بدائرة عمود مستقل ومعه على
التوالى زرو أمام هذا الملف قطعة معدنية جديدة بجانبها نقطة



القطعة الحديدية ويحدث اتصال دائرة الجرس فيمر التيار في دائرته ويدق

بند (١٥٨) المبين: —

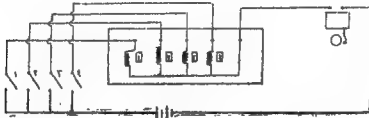
يستعمل المبين في الفنادق والمصالح وخلافها عندما يراد استعمال جنرس واحد لجملة غرف فأذا دق الجرس يرجع الفراش



شكل (٢٥٢)

أو الساعي نحو المبين ومنه يمكنه معرفة ثمرة الغرفة التي تطلبه ويحتوى المبين من الداخل على عدد من الملفات المغناطيسية بعدد الغرف الموجودة وكل من هذه الملفات تؤثر على رافعة زاوية

مركبة أمامها بحيث اذا مر التيار بها نُجذبها اليها فيسقط قرص
دائري موجود بالرافعة الى الأمام بتأثير ثقله ومنه يعلم نمرة هذا
القرص وشكل (٢٥٢) يبين منظور المبين ذى أربعة ملفات



شكل (٢٥٢)

وشكل (٢٥٣) يبين توصيله هذا المبين بالاربعة الغرف
ومن الرسم يمكن بسهولة تتبع سير التيار



الباب العاشر

أجهزة القياس

بند (١٥٩) تسمى الأجزاء الخاصة بقياس شدة التيار الكهربائي جلفانومترات أو أمبير مترات والجلفانومترات هي الخاصة بقياس شدة التيارات الضعيفة او الخاصة بمعرفة وجود تيار أنظر بند (٧٧) الى بند (٨١) والامبير مترات هي الخاصة بقياس التيارات ذات الشدة الكبيرة وقد تسمى أمبير ملليمترات اذا كانت شدة التيار أجزاء من الامبير تتأسس نظرية عمل الامبير متر على ثلاثة التأثيرات الخاصة بالتيار الكهربائي وهي التأثير الكيماوى والتأثير الحراري والتأثير المغناطيسى

فالامبير متر الذى يبنى عمله على التأثير الكيماوي هو جهاز يمر فيه التيار الكهربائي في جسم سائل مركب فيتحلل هذا السائل الى عناصره الاولية ومن مقدار ما يتحلل من هذه العناصر يمكن تقدير شدة التيار

وأبسط هذه الانواع هو جهاز (هوفان) المشروح في تجربة (٣٢) صفحة ١٦٥

وقد وجد ان التيار اللازم لتحليل ٠,٣٣٥٩ جرام من الماء

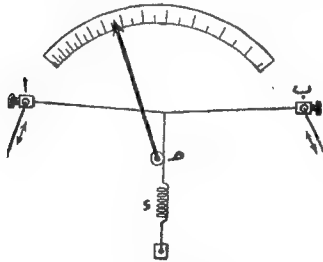
الى عنصره في مدة ساعة واحدة تكون شدته أميرا واحدا
فاذا استعمل هذا الجهاز في قياس شدة التيار في دائرة كهربائية
هو ان يقاس حجم الماء المتحلل في مدة ساعة ومنه يمكن معرفة
شدة التيار المارة

غير ان هذه العملية تستغرق وقتا طويلا فضلا عن احتياجها
الى دقة عظيمة واحتياطات هامة والاجهزة اللازمة لها تحتاج
إلى عناية كبيرة

لذلك لا تستعمل في الحياة العملية وكل ما تستعمل فيه هو
إجراء التجارب لاثبات هذه النظرية في المعامل أو خلافه

بند (١٦٠) الأميتر ذي السلك الحرارى :-

تتأسس نظرية عمل هذا الأميتر على التأثير الحرارى
للتيار الكهربائى ويتركب كما في شكل (٢٥٤) من سلك ١ ب



شكل (٢٥٤)

مصنوع من سبيكة من الفضة والبلاتين ومثبت في النقطتين **ا** و **ب** ويربط في وسط ذلك السلك سلك من البرونز المفسفر اى (البرنز مع الفسفور) بحيث يكون لنا جدا كالخيط ويلف حول بكرة « **هـ** » متحركة ثم يثبت من نهايته بواسطة يابى « **و** » في نقطة ويثبت في محور البكرة مؤشر يتحرك حول قرص مدرج فعند مرور التيار الكهربائى يسخن السلك ويمتد وحيث أنه مثبت من طرفيه (**ا** و **ب**) فإنه يتقوس كما في الشكل وبذا يتخرج السلك البرونز بتأثير شد اليابى

فتتحرك البكرة ويتحرك العقرب على القرص المدرج ويسجل مقدار شدة التيار المناسبة لمقدار التمدد الحادث بالسلك **ا** و بالتدريج على هذا الجهاز يعمل عادة بالمقارنة مع أجهزة قانونية كما سيأتى بعد

مميزات الجهاز: — (اولا) أنه يصلح لقياس شدة التيارات

المستمرة (الموحدة) وأيضا للتيارات المتغيرة الاتجاه (المتغيرة) إذ أن كلا منهما يؤثر في السلك فيحدث حرارة ينشأ عنها التمدد (ثانيا) أنه لا يتأثر بالمجالات المغناطيسية اى أنه اذا وجد مجوار مغناطيس فأنه لا يتأثر به

عيوب الجهاز — (اولا) أنه لا يقرأ دفعة واحدة بل

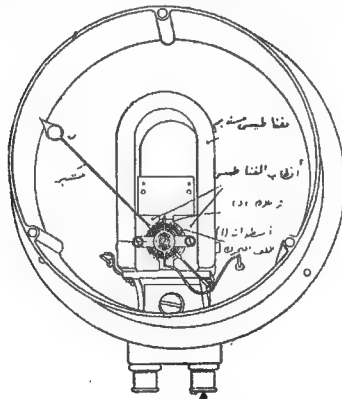
يتذبذب المؤشر شيئا فشيئا الى ان يتمدد السلك لأعظم تمدد مناسب الى أعلى درجة حرارة يحدثها التيار (ثانيا) لا يستعمل لقراءة شدة التيار الكبيرة خوفا من سيحان السلك الداخلى للجهاز

ولذا يحفظ الجهاز بواسطة مصهر بحيث اذا استعمل وكانت الشدة كبيرة فان المصهر يحترق ويحفظ الجهاز (ثالثا) غلو ثمنه لدقة صناعته ومع ذلك فقد يستعمل هذا النوع للتيارات الكبيرة اذا أستعمل معها المجرء للتيار كما سيأتى بعد

بند (١٦١) الأمبير مترات المؤسس عملها على التأثيرات

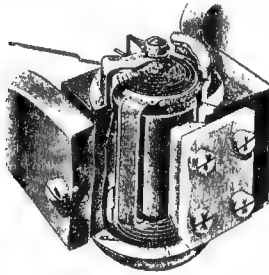
المغناطيسية

الأمبير متر ذو الملف المتحرك : — يتركب كما في شكل (٢٥٥)



شكل (٢٥٥)

من مغناطيس صناعى مستديم على هيئة نعل الفرس موضوع بين قطبيه
أسطوانة (١) ملفوف عليها سلك كما هو مبين بمنظور الاسطوانة
ويوجد في محور الاسطوانة مشير (ب) يتحرك بتحريك الاسطوانة
وهذه الاسطوانة ومعها السلك والمؤشر مثبتة في مكانها بواسطة
زنبرك دائرى (ء) (يشبه زنبرك الساعة) أمام وخلف الملف
ويجب ان يكون هذا الزنبرك موصلا كهربائيا لطرفى الملف



شكل (٢٥٥) مكرر

فعند مرور التيار الكهربائى فى الملف يتولد مجال مغناطيسى
تكون خطوطه عمودية على سطح الملف
ففى هذه الحالة يكون اتجاه الخطوط المغناطيسية المتولدة من
المغناطيس المستديم أفقيا واتجاه الخطوط المتولدة من التيار

الكهربائي في الملف رأسية ومتعامدة مع الخطوط الأولى
ويعمل وضع الملف في حالة عدم مرور التيار بحيث يكون
سطح الملف يوازي خطوط القوى المغناطيسية الناشئة من
المغناطيس المستديم

وعند مرور التيار في الملف يتكون مجال مغناطيسي لهذا
التيار ويكون اتجاهه عموديا على سطح الملف

الا أن وجود هذين المجالين يعمل على إدارة الملف حول محور
التعليق بحيث يصبح سطح هذا الملف مائلا على اتجاه خطوط القوى
المغناطيسية الناشئة من المغناطيس المستديم

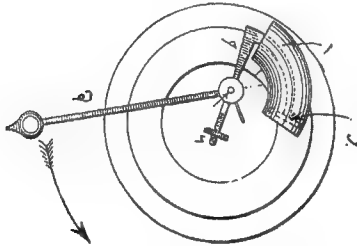
يستعمل هذا الجهاز للتيارات المستمرة (الموحدة) ولا يصلح
استعماله للتيارات المتغيرة وذلك لأن اتجاه حركة الملف تتوقف
على اتجاه سبب التيار

ومزايا هذا الجهاز : — (أولا) إنه يقرأ الشدة مباشرة

(ثانيا) مقدار الخطأ الناتج من الاحتكاك يكاد أن يهمل نظرا
لأن المجال المغناطيسي المستديم يعطي قوة تحركية للملف بأقل
شدة للتيار (ثالثا) المفقود من القوة بداخل الجهاز قليل جدا
(رابعا) انتظام تدريج الجهاز نظرا لانتظام المجال المغناطيسي
الناتج من المغناطيس المستديم

وعيوب هذا الجهاز : — أنه يتأثر بالمجالات المغناطيسية الخارجية ولو أنه غالباً يحاط بما يمنع تأثير هذه المجالات على قدر الامكان

بند (١٦٢) الأُمير متر ذو القلب المتحرك : — يتركب من ملف (١) داخله ثقل (ب) يعرف بالقلب ويكون من الحديد المطاوع في رافعة مركزية (جـ) وطرف الرافعة الآخر منته بثقل مقلوظ (و) كما هو مبين بشكل (٢٥٦) متحرك على ساق الرافعة لسهولة عملية الاتزان وعند نقطة ارتكاز الرافعة يثبت المؤشر (هـ) بحيث يكون عمودياً على الرافعة



شكل (٢٥٦)

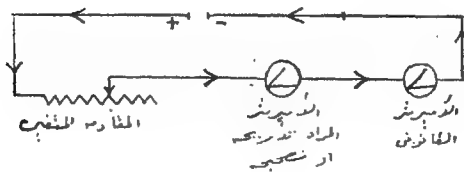
فعند مرور تيار كهربائي بطرفي الملف يحدث مجال مغناطيسي بحيث تكون خطوط القوة عمودية على مستوى الملف أي على

استقامة محور الملف فينجذب القلب الحديدي داخل الملف تحت تأثير هذا المجال وبذا يتحرك المؤشر من الغرب الى الشرق كما هو مبين بالشكل على القوس المدرج وعند انتهاء العمل يأخذ المؤشر موضعه الأول وذلك بالنسبة للثقل الموجود

فهمة الثقل الذي في طرف الرافعة هي رجوع المؤشر الى الصفر عند قطع دائرة سير التيار وعيوب هذا الجهاز أنه يتأثر بالمجالات المغناطيسية

بند (١٦٣) الأميتر مترات القانونية

الأميتر متر القانوني عبارة عن أميتر متر مضبوط يحفظ دائماً في المعامل لتدريج الأميتر مترات الجديدة الصنع أو لضبط الأميتر مترات الأخرى المستعملة وكيفية ذلك هو أن يوصل الأميتر متر المراد تدريجه أو اختباره بالتوالي مع كل من الأميتر متر القانوني ومقاومة متغيرة منظمة كما هو مبين بشكل (٢٥٧) في دائرة كهربائية

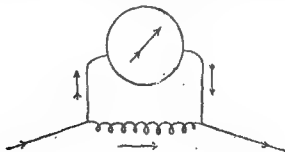


(شكل ٢٥٧)

فعند مرور التيار يمكن بواسطة المقاومة المتغيرة جعل مقدار التيار كما نريد ويدرج بمقتضى ذلك الأمبير متر المراد تدريجه وان كان المراد تصحيح أمبير متر غير مضبوط فيجرى التصحيح على حسب قراءة الأمبير متر القانونى . وكيفية ذلك أن يعمل رسم يأتى يبين القراءة الصحيحة والقراءة غير الصحيحة ولتكن القراءة الصحيحة مأخوذة على الاحداثى الافقى والقراءة غير الصحيحة على الاحداثى الرأسى ونأخذ عدة قراءات للأمبير متر الصحيح ونرى ما يقابلها فى الأمبير متر الخطأ ثم نوصل هذه النقط بمنحنى وعلى ذلك فكل أمبير متر غير صحيح يصحبه دائماً ورقة مرسوم عليها المنحنى السابق الذكر منعاً للخطأ وفى هذه الحالة يمكن معرفة القراءة الصحيحة المقابلة لآى قراءة كانت للجهاز الغير المضبوط

بند (١٦٤) الأمبير مترات ومجزي التيار

عندما يستعمل جهاز الأمبير متر لقياس شدة تيار أكبر من طاقته فإنه يلزم وضع مقاومة قيمتها صغيرة بالتوازي مع الجهاز ويقال لهذه المقاومة بالمجزي أو (الشنط) شكل (٢٥٨)



شكل (٢٥٨)

ومعنى ذلك ان نسبة شدة التيار الكلى الى شدة التيار المارة
فى الجهاز كنسبة مقاومة الجهاز الى مقاومة المجزئ زائدا واحدا
صحىحا ونسبة شدة التيار الكلى الى شدة التيار المارة فى المجزئ
كنسبة مقاومة المجزئ الى مقاومة الجهاز زائدا واحدا
مثال :-

نفرض اننا نريد استعمال أمبير متر النهاية العظمى لقراءته ٢٠
أمبير فى دائرة كهربائية شدة التيار فيها ٨٠ أمبير وكانت مقاومة
الأمبير متر ٠.٠١ و.أوم ويطلب معرفة مقاومة المجزئ فنجرى
العمل كما يأتى

$$\frac{0.01}{23} + 1 = \frac{80}{20}$$

$$4 = \frac{0.01}{23} + 1 = 3.0 \cdot \frac{0.01}{23} = \frac{0.01}{3} = 0.0033 \text{ و.أوم}$$

أي ان مقاومة المجزئ الذى يجب ان يستعمل ٠.٠٣٣ و.أوم

بند (١٦٥) الفولتمترات

الفولتمتر عبارة عن جهات يمكن بواسطته قياس الضغط
الكهربائى او فرق الجهد الكهربائى او القوة الدافعة الكهربائية
وتركيبه من الداخل مثل تركيب الأمبير متر تماما غير أنه
يختلف عنه من حيث مقدار المقاومة الداخلية

فالمقاومة الداخلية للفولتметр يجب ان تكون كبيرة جدا بخلاف المقاومة الداخلية للامبيرمتر فأنها صغيرة جدا والسبب في ذلك هو ان الفولتметр دائما يتصل بالتوازي بين النقطتين المراد قياس فرق الجهد بينهما اذن يجب ان تكون مقاومة ملفات الفولتметр كبيرة جدا لئلا تحول جزءا كبيرا من التيار في ملفات الجهاز فيقل الضغط المراد قياسه (أنظر جمع المقاومات على التوازي بند ١١٠)

ولبيان ذلك نفرض ان مقاومة الفولتметр صغيرة وتساوي أومها واحدا مثلاً ومقاومة الدائرة المراد معرفة ضغطها هي ١٠ أوم وشدة التيار في الدائرة قبل توصيل الجهاز = ١٠ أمبير

∴ الضغط المراد قياسه = $10 \times 10 = 100$ فولت

فعند توصيل الجهاز تكون المقاومة الكلية = $\frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{10}}$

= $\frac{1}{2}$ أوم

∴ شدة التيار في الدائرة بما فيها الجهاز = $\frac{100}{\frac{1}{2}} = 200$ أمبير

اما اذا كانت مقاومة الجهاز كبيرة مثل ٣٠٠٠ أوم

فالمقاومة الكلية = $\frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{3000}} = \frac{3000}{301}$ أوم تقريبا

وعلى ذلك فشدة التيار المارة في الدائرة = $\frac{100}{\frac{3}{10}} = 333$ أمبير

تقريبا اي كما كانت قبل توصيل الجهاز مع فرق يمكن اهماله

∴ كلما كبرت مقاومة الجهاز قل الخطأ في قياس الضغط هذا فضلا عما يفقد من القدرة في الجهاز على شكل حرارة (ت^٢ م) نتيجة اندفاع التيار في الجهاز اذا كانت مقاومته صغيرة وبالفعل اضافة الفولتметр الى الدائرة لا بد أن يؤثر في توزيع التيار فيها خصوصا اذا كانت الدائرة الاصلية قبل توصيل الفولتметр كبيرة المقاومة فمثلا

اذا كانت مقاومة الدائرة المراد قياس ضغطها 2×10^6 أوم وكان الضغط بين طرفيها هو ٢٠٠٠ فولت

$$\text{فإن شدة التيار المارة بالدائرة} = \frac{2000}{2 \times 10^6} = \frac{1}{100} \text{ أمبير}$$

أي شدة صغيرة جدا

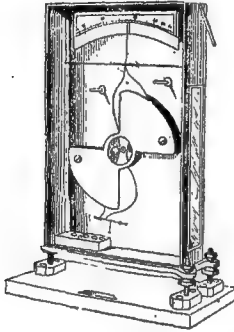
فلو وضع الفولتметр بالتوازي في الدائرة ليسجل لنا ضغطها يلاحظ عدم حصول أى انحراف له وذلك ناتج من مرور التيار الصغير جدا في مقاومة الفولتметр بدلا من مروره في الدائرة الاصلية ذات المقاومة العالية .

وفي هذه الحالة (كبيرة المقاومة) يجب استعمال فولتметр خاص ذي مقاومة كبيرة جدا أو يستعمل الفولتметр الالكتروستاتيكي

بند (١٦٦) الفولتметр الالكتروستاتيكي

أول من اخترع هذا هو اللورد كالفن ويتركب كما في شكل (٢٥٩) من ربعين من قرص دائري في اتجاهين مضادين

والربعان الآخران من القرص الدائري من الان وأيضا من ابرة رفيعة تتحرك على محور أفقى مركب في نهايتها ثقل للاتزان وتتصل الابرّة بكل من الربعين



(شكل ٢٥٩)

فعندما يتكهرب الجهاز تكون الابرّة والربعان ذات فرق جهد واحد وبذلك يحصل تنافر بين الابرّة والربعين ويحصل انحراف للابرّة يمكن تسجيله بواسطة مؤشر يتحرك حول قرص

متدرج

ومقدار القوة المؤثرة

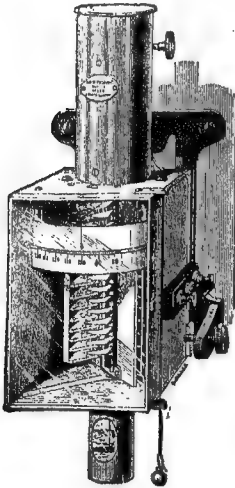
على الابرّة تتناسب مع

مربع فوق الجهد (الضغط)

ويستعمل هذا الجهاز لقياس فرق الجهد أو الضغط بين نقطتين أو بين جسمين وذلك بتوصيل أحد الطرفين الى الابرّة والطرف الآخر للربعين

ولقد أمكن عمل جهاز من هذا النوع أكثر حساسة وذلك بوضع عدد من الابر مع السلك العمومي الرأسى بحيث تكون كل منها معلقة في وضع أفقى كما هو مبين بشكل (٢٦٠) وهذه تجذب بواسطة عدد من الاقراص الربع الدائرية والموضوعة بين الابرّة كما هو موضح من الرسم

ويستعمل هذا الجهاز لقياس الضغوط العالية حيث يوصل
أحد الطرفين المراد قياس الضغط بينهما الى الابرة بينما الطرف
الآخر يوصل بالربعين ويكون الانحراف مناسباً لربع الجهد



(شكل ٢٦٠)

واذا أريد استعمال
الفولتمتر لتسجيل ضغط
أكبر من طاقته فتوضع
معه مقاومة بالتوالي ليمتص
زيادة الضغط بخلاف
الأمبير متر اذا أريد
استعماله لتسجيل شدة أكبر
من طاقته فتوضع له مقاومة
بالتوازي (مجزى)
ولناخذ المثال الآتي
كتطبيق لكل من الفولتمتر
والأمبير متر
جهاز ذو ملف متحرك
مقاومته الداخلية ١٠٠ أوم
مصمم لجهد قدره ٣ فولت

والمطلوب معرفة المقاومة المطلوبة وكيف يمكن وضعها اذا
استعمل الجهاز

(أولاً) كفو لمتريقرأ لأغاية ٣٠٠ فولت (ثانياً) كأأمير متر
يقرأ لأغاية ٧٥ أمير

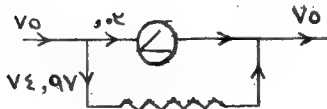
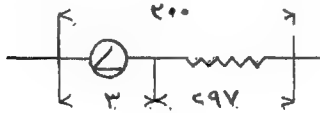
الحل

أولاً:

حيث أن الجهاز لا يتحمل أكثر من ٣ فولت فيجب الحصول
على مقاومة لتتحمل فرق الجهد $300 - 3 = 297$ فولت
وتتصل معه بالتوالى وحيث أنها متصلة معه بالتوالى فتكون
الشدة ثابتة أعنى أن الشدة المارة بالجهاز هى بعينها الشدة المارة
بالمقاومة المطلوبة

$$\text{الشدة المارة بالجهاز} = \frac{3}{300} = 0.01 \text{ أمير}$$

$$\therefore \text{قيمة المقاومة المطلوبة} = \frac{297}{0.01} = 29700 \text{ أوم}$$



شكل (٢٦١)

ثانياً :

حيث أن الجهاز مصمم ليتحمل شدة $\frac{3}{4} = 0.3$ أمبير
 ∴ الشدة اللازم مرورها بالمقاومة المطلوبة

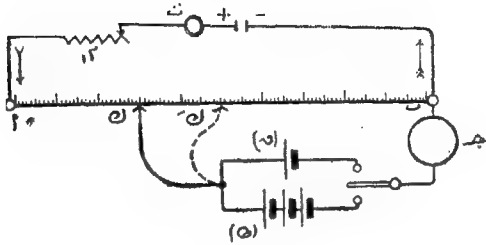
$75 - 0.3 = 74.7$ أمبير
 وحيث أن هذه المقاومة متصلة بالتوازي مع الجهاز فالضغط
 ثابت بين طرفيها ويساوي لضغط الجهاز ٣ فولت

∴ قيمة المقاومة المطلوبة $= \frac{3}{\frac{1}{74.7}} = \frac{3}{0.001338}$ أو هم

بند (١٦٧) البوتانشيومتر

البوتانشيومتر هو جهاز يستعمل (أولاً) لقياس القوة الدافعة
 الكهربائية أو فرق الجهد (ثانياً) لقياس شدة التيار الكهربائي
 (ثالثاً) لقياس قيمة أي مقاومة ما
 (أولاً) — طريقة قياس القوة الدافعة الكهربائية أو فرق
 الجهد

يتأسس عمل هذا الجهاز على نظرية سقوط الضغط في موصل
 ذي مقاومة منتظمة ويتركب من سلك AB سطح مقطعه واحد
 مصنوع من معدن المانجنين وتكون مقاومته إذن متناسبة مع
 طوله ومثبت بجواره مقياس مدرج ويمر بهذا السلك تيار من
 ينبوع خارجي كبطارية ثانوية مثلاً ذو شدة ثابتة يمكن معرفتها
 بواسطة أمبير متر (ت) يوضع بالتوالي في دائرته وكذا مقاومة
 منتظمة (م) لحفظ الشدة ثابتة شكل (٢٦٢)



شكل (٢٦٢)

وإذا أريد قياس القوة الدافعة الكهربائية لبطارية (ط) مثلاً فإنه يؤتى بعمود قانونى كعمود كلارك معلومة قوته الدافعة الكهربائية ويوضع فى الدائرة مع جلفانومتر (ج) ومفتاح بحيث يكون سير التيار الخارج منه مضاداً لسير التيار المار بالسلك أ ب كذلك يكون توصيل البطارية المراد قياس قوتها الدافعة الكهربائية والشكل يبين البطارية والعمود القانونى محكومين بواسطة مفتاح توصيل واحد ذى سكتين بحيث أنه عندما يكون المفتاح متصلاً إلى أعلى فإنه يوصل دائرة العمود القانونى بالجلفانومتر وفى هذه الحالة تحرك النقطة المنزلقة (د) على طول السلك (ب) حتى لا يحصل أى انحراف للجلفانومتر بحيث تكون قراءته صفراً وعندئذ يصير فرق الجهد بين ب و د اللازم لإرسال تيار فى الفرع (و ب) يتعادل مع القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانونى (و)

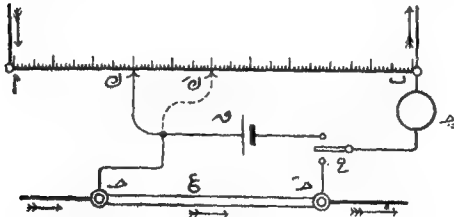
بعد ذلك نصل المفتاح إلى أسفل فيوصل دائرة البطارية المراد

معرفة قوتها الدافعة الكهربائية بالجلفانو مترو نحرك النقطة المنزلقة إلى الموضع (د) الذي فيه تكون قراءة الجلفانو متراً صفراً أيضاً فتكون القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانوني المعلومة $\frac{\text{الطول بـ د}}{\text{الطول بـ ك}}$ القوة الدافعة الكهربائية للبطارية المجهولة $\frac{\text{الطول بـ د}}{\text{الطول بـ ك}}$ إذن القوة الدافعة الكهربائية للبطارية =

$$\frac{\text{الطول بـ د}}{\text{الطول بـ ك}} \times \text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانوني}$$

ملحوظة — نلاحظ في هذه الحالة أن القوة الدافعة الكهربائية تتناسب مع الطول وهذا لا يمكن إلا إذا كانت شدة التيار المارة بالسلك (ب) ثابتة وأيضاً يجب أن تكون القوة الدافعة الكهربائية المراد قياسها أقل من فرق الجهد بين الطرفين أ ب (ثانياً) طريقة قياس شدة التيار الكهربائي

يمرر التيار المراد قياسه بخوصة من البلاتين (حـ حـ) شكل (٢٦٣)



شكل (٢٦٣)

معلومة مقاومتها (ع) وذات مقطع مستعرض كبير يكفي لمرور التيار الكهربائي بها بدون ان يحدث أى فقد منه على شكل حرارة متشعة

ويوضع المفتاح الى أسفل فيتولد فرق جهد بين طرفي الخوصة من مرور التيار المراد قياسه بها وهذا يتعادل مع فرق الجهد في السلك \uparrow ب بواسطة تحريك النقطة المنزلقة \downarrow حتى لا يحصل اي انحراف للجلفانومتر فيكون الطول ب \downarrow متناسبا مع فرق الجهد على طرفي الخوصة من مرور التيار المراد قياسه

ويوضع المفتاح الى أعلى ويتحرك النقطة المنزلقة الى \downarrow ليكون قراءة الجلفانومتر الصفر فأن الطول ب \downarrow يتناسب مع القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانوني (د)

$$\therefore \frac{\text{فرق الجهد على طرف الخوصة}}{\text{الطول لـ ب}} = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانوني}}{\text{الطول لـ ب}}$$

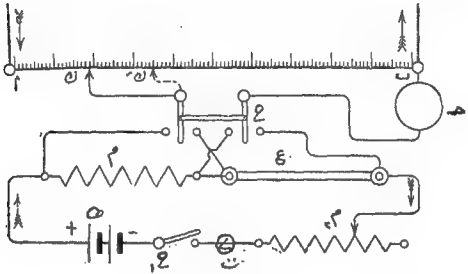
ومنه فرق الجهد على طرف الخوصة =

$$\frac{\text{الطول لـ ب}}{\text{الطول لـ ب}} \times \text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانوني}$$

وحيث ان مقاومة الخوصة = ع

$$\therefore \text{شدة التيار المار بها} = \frac{\text{فرق الجهد على طرف الخوصة}}{\text{مقاومة الخوصة (ع)}}$$

(ثالثاً) طريقة استعمال البوتانشيومتر لقياس المقاومة



(شكل ٢٦٤)

إذا أريد قياس مقاومة (م) مثلاً فأنها توضع بالتوالى مع مقاومة معلومة (ع) وبطارية ثانوية (ط) ومقاومة منظمة (م_٢) وأمبيرمتر (ت) ومفتاح (ع_١) شكل (٢٦٤) وفائدة المفتاح القطبي المضاعف (ع) هو إما أن يوصل طرفي المقاومة المعلومة مع الجلفانومتر والنقطة المنزلقة إذا تحرك إلى اليمين أو يوصل طرفي المقاومة المراد قياسها مع الجلفانومتر والنقطة المنزلقة إذا تحرك إلى اليسار

وكيفية تشغيل الجهاز هو أن يوصل دائرة البطارية بقفل المفتاح (ع_١) وتنظيم الشدة الخارجة منها بواسطة المقاومة المنظمة (م_٢) حتى تكون ثابتة وتوصل طرفي المقاومة المعلومة

بتحريك المفتاح (ع) الى اليمين يمكن معرفة الطول الذى يتناسب مع فرق الجهد على طرفيها وليكن ب ك وأيضا بتوصيل طرفي المقاومة المجهولة بتحريك المفتاح (ع) الى اليسار يمكن معرفة الطول الذى يتناسب مع فرق الجهد على طرفيها وليكن ب ك وحيث ان شدة التيار المارة بكل من المقاومة المعلومة والمجهولة ثابتة

∴ شدة التيار هذه = $\frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المعلومة}}{\text{قيمة المقاومة المعلومة}}$

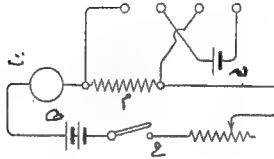
$$\frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المجهولة}}{\text{قيمة المقاومة المجهولة}} = \frac{\text{المقاومة المعلومة (ع)}}{\text{المقاومة المجهولة (م)}} \times \frac{\text{الطول ب ك}}{\text{الطول ب ك}}$$

∴ المقاومة المجهولة (م)

$$= \frac{\text{المقاومة المعلومة (ع)}}{\text{الطول ب ك}} \times \frac{\text{الطول ب ك}}{\text{الطول ب ك}}$$

هذا ويمكن بطريقة أخرى إيجاد قيمة المقاومة المجهولة باستعمال قانونى معلوم قوته الدافعة الكهربائية بدلا من استعمال المقاومة المعلومة في الدائرة الكهربائية وفى هذه الحالة تكون القوة الدافعة الكهربائية العمود القانونى المعلومة الطول ب ك

فرق الجهد على طرفي المقاومة المجهولة = $\frac{\text{الطول ب ك}}{\text{الطول ب ك}}$



شكل (٢٦٥)

ومنه فرق الجهد على طرفي المقاومة المجهولة

$$= \frac{\text{الطول ب ك}}{\text{الطول ب ك}} \times \text{القوة الدافعة الكهربائية للعمود القانوني المعلوم}$$

وحيث ان الشدة المارة بالمقاومة المجهولة يمكن معرفتها من
الامبير متر

$$\therefore \text{المقاومة المجهولة} = \frac{\text{فرق الجهد على طرفي المقاومة المجهولة}}{\text{شدة التيار المارة بها}}$$

الواتترات

بند (١٦٨) تمهيد : — في الدوائر الكهربائية ذات التيار
الموحد الاتجاه (مستمر) يمكن بسهولة معرفة القدرة الكهربائية
بها بتوصيل أمبير متر بالتوالي ليسجل الشدة وفولت متر بالتوازي على
طرفي حمل الدائرة ليسجل الضغط فتكون القدرة بالوات = قراءة
الامبير متر \times قراءة الفولت متر

لذلك عمل جهاز الواتنر ليسجل القدرة مباشرة بدون استعمال
أمبير متر وفولت متر ويتأسس تركيبه من الداخل على نظرية أساسها
الفولت متر والامبير متر معا

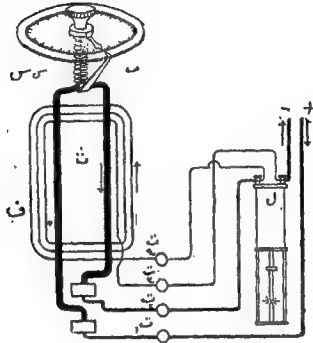
ففى النوع المسمى (دينامومتر واتنر) يوجد ملفان أحدهما
مثبت ومتصل بالتوالى ليكون ملف الشدة والآخر متحرك
ومتصل بالتوازي ليكون ملف الضغط

أما فى الدوائر الكهربائية ذات التيار المتغير الاتجاه (متغير)
فإن القدرة بالوات لا تساوي حاصل ضرب الضغط \times الشدة بل
تساويهما مضروبا فى معامل القدرة. لذلك يستعمل نوع آخر من
الواتنرات يسمى بالنوع الاستنتاجى ويستعمل بكثرة لزيادة
استعمال التيارات المتغيرة فى وقتنا الحالى نظرا لميزاتها التى سيأتى
الكلام عنها فى الاجزاء الاخرى من كتابنا هذا

بند (١٦٩) دينامومتر واتنر:—

أول جهاز من هذا النوع عمل بواسطة شركة سيمنس
الكهربائية ونظرية تركيبه من الداخل مبنية بشكل (٣٦٦) ويمكن
أن يستعمل فى كل من الدوائر الكهربائية ذات التيار الموحد
الاتجاه او التيار المتغير الاتجاه اذا وصل مع ملف الضغط مقاومة
خارجة بالتوالى

ويتركب من ملف (ث) ذى سلك سميك وعدد لفاته قليلة
ومعلق بواسطة خيط معدنى بحيث يمكن ان يتحرك بسهولة ضد
التواء الناتج من زنهرك مس س



شكل (١٦٦)

و كل من طرفي هذا الملف متصل بفنجان من الزيت حيث
تتصل كل منها بالطرفين ت و ت_٢ ويكون إذن هذا الملف المتحرك
هو ملف الشدة، ومثبت به مؤشر ليتحرك فوق قرص مدرج
بواسطته يمكن تسجيل مقدار انحراف أو تحرك الملف
وبداخل الملف ث يوجد ملف الضغط (ف) ثابت في موضعه
ويحتوى على عدد من السلوك الرفيعة الدقيقة تتصل نهاياتها
بالطرفين الآخرين ت و ت_٢
ويكون مستوى ملف الشدة (ث) على زاوية قائمة مع مستوى
ملف الضغط (ف) كما هو مبين بالشكل عند ما لا يمر أى تيار
كهربائى بالجهاز

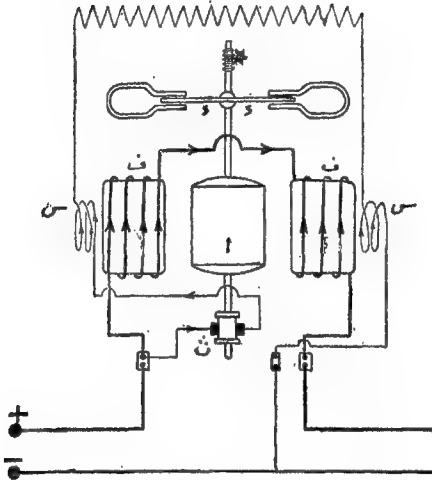
وعند استعمال الجهاز في أى دائرة كهربائية يمر التيار بكل من ملفى الشدة والضغط فيتحرك ملف الشدة بحيث يكون مستواه بالتوازي مع مستوى ملف الضغط وهذا التأثير ناتج من مقدار الجذب والتنافر بين جوانب الملفات لأن المجال المغناطيسى للملف المتحرك قابل لأن يدور ويأخذ معه الملف بحيث يقع مستويه بالتوازي وفي اتجاه ملف الضغط الثابت وفي هذه الحالة يتحرك المؤشر مع تحرك الملف ويسجل مقدار الانحراف الذى يتناسب مع القدرة الكهربائية

ولاستعمال الجهاز فى الدوائر الكهربائية فإنه يوصل الطرفان T_1 و T_2 بدائرة سير التيار والطرفان T_3 و T_4 بالتوازي مع الحمل وشكل (٢٦٦) يبين اتصاله بدائرة مصباح قوسى (د)

بند (٢٧٠) العداد — هو جهاز يستعمل لتسجيل الكيلوات ساعة (عدد الوحدات التجارية الكهربائية) المستهلكة في أى حمل كان وهو على أنواع كثيرة ولكننا سنقتصر في كتابنا هذا على ذكر المهم منها والمستعمل بكثرة

عداد تومسن — عمل هذا الجهاز بواسطة شركة (تومسن هوستن) وهو في الحقيقة عبارة عن محرك ذي قطبين وعضو استنتاج (منتج) غير محتوى على قلوب حديدية

ويركب كما في شكل (٢٦٧) من ملفين فف مستطيل الشكل مثبتين ومتصلين بالتوالى مع الحمل وفي وسطهما منتج أسطوانى



شكل (٢٦٧)

(٢) تحتوي على ثمانية ملفات من السلوك الرفيعة الدقيقة ملفوفة على قوالب من مادة غير مغطسة ونهايتها تتصل بمحور رأسى دائري محمول على كراسى عدم الاحتكاك تقريبا وهذا المنتج متصل بالتوالى بداخل الجهاز مع مقاومة غير استنتاجية وأيضا مع ملفين س س مساعدة للملفين ف ف الاصلين ويولدان مجالا مغناطيسيا في نفس اتجاههما عند مرور التيار وهذه المجموعة

المكونة من المنتج والمقاومة والملفين س س متصلة بالتوازي مع الحمل وفي هذه الحالة يمر بها جزء من التيار الكهربائي سواء كان هناك حمل أم لا

ومر التيار بالمنتج بواسطة فرشتين من الفضة ملحوم بهاسلوك من البرنز الفسفوري ومركزة على عضو توحيد (توزيع) (ث) يحتوي على ثمانية قطع من الفضة معزولة عن بعضها بمادة الميكا ومركب على المحور الرأسى الدائرى

ومثبت بالمحور الرأسى قرص دائرى (د) من معدن النحاس فوق المنتج يتحرك بين قطبي مغناطيسين على هيئة نعل الفرس وفي نهاية العمود الرأسى بريمة لانهاية معشقة مع جملة تروس لتسجيل عدد الدورات التى يعملها المنتج

فعند ما يوضع الحمل وليكن مصابيح فى الدائرة يمر التيار فى الملفين (ف ف) فيتولد مجال مغناطيسى أفقى مناسب مع الشدة المعطاة للحمل

وحيث ان المنتج دائماً يحمل تياراً كهربائياً متناسباً مع الضغط فتتولد اذن قوة تؤثر على موصلات هذا المنتج وتحدث عزم دوران له وتكون هذه القوة متناسبة مع القدرة الكهربائية المارة بالدائرة اى لحاصل ضرب الشدة بالأُمبر فى الضغط بالفولت ويدور بذلك المنتج وحيث ان المنتج محمول على كراس عدم الاحتكاك فتزداد سرعته مهما كانت قيمة القدرة الكهربائية لغاية ما تكون القوة الدافعة الكهربائية المضادة مساوية للقوة الدافعة الكهربائية الاصلية

ولتلافي ذلك وضع القرص المعدني (٥) الذي يتحرك بين الاقطاب المغناطيسية فعند تحركه في مجال هذه الاقطاب يتولد به تيارات اعصارية مضادة لاتجاه حركته فتقلل سرعته وتفرم له وبواسطتها يمكن ضبط سرعة العداد وذلك بتقريب الاقطاب نحو القرص ليزداد المجال المغناطيسي وتزداد التيارات الاعصارية المفرمة أو بعدها عنه لأقلها

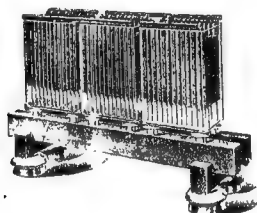
وليلاحظ ان حركة دوران المنتج ليست متناسبة مع القدرة بالوات المارة بالحمل فقط بل تتناسب أيضا مع زمن استعمال هذه القدرة

فمثلا لنفرض ان قدرة الحمل كانت ٥٠٠ وات وان العداد يعمل دورة واحدة في كل ثانية فاذا استمر هذا الحمل ثابتا لمدة ساعتين فان القدرة المستهلكة تكون $2 \times 500 = 1000$ وات ساعة (اي وحدة تجارية كهربائية) ويدور العداد $2 \times 60 \times 60 = 7200$ دورة

واذا استمر الحمل ثابتا لمدة ٤ ساعات تكون القدرة المستهلكة $4 \times 500 = 2000$ وات ساعة (اي وحدتين) ويدور العداد $4 \times 60 \times 60 = 14400$ دورة وهكذا كلما زاد الحمل زاد عدد الدورات بنسبة ثابتة وأيضا اذا تغير الحمل تغيرت السرعة



الباب الحادى عشر الأعمدة الثانوية أو المراكم



بند (١٧١) الأعمدة الثانوية هى أعمدة تشحن أولا بالكهرباء من مولد كهربائى او منبع آخر للكهرباء ثم تؤخذ منها الكهرباء التى وضعت فيها وتسمى العملية الأولى عملية الشحن وتسمى الثانية عملية التفريغ ومن البديهي ان الطاقة الكهربائية التى تشحن بها تكون دائما أكثر من الطاقة التى نحصل عليها منها فى التفريغ لائن هذه العملية تستدعى فقدا فى الطاقة ويتركب العمود الثانوى على وجه العموم من إناء من الزجاج او خشب مبطن بالرصاص أو أى مادة لا تتفاعل مع حامض الكبريتيك ويوضع فى هذا الإناء سائل مركب من حامض

الكبريتيك النقى المخفف بالماء المقطر بحيث تكون كثافته تقريبا ١.١٧ ويوضع في هذا السائل لوحان على الأقل ليكون أحدهما القطب الموجب والآخر القطب السالب للعمود وهذا اللوحان في الابتداء قبل وضع العمود يكونان من الرصاص النقى

فبما ان اللوحين في الابتداء قد صنعنا من مادة واحدة هي الرصاص فلا يمكن ان يكون بينهما فرق جهد مطلقا ولذلك لا يمكن أخذ أى تيار من العمود لذلك يجب ان نشحنه بالكهرباء أولا وذلك بأن نصل أحد اللوحين بالقطب الموجب والآخر بالسالب لمولد كهربائى فيسرى التيار الكهربائى من المولد الى اللوح الموجب ثم داخل السائل الى اللوح السالب ثم يخرج التيار من اللوح السالب الى قطب المولد السالب وبذلك تكمل الدائرة وتمرور التيار داخل السائل يتحلل هذا السائل فينتج الأوكسجين منه نحو اللوح الموجب ويؤكسد الرصاص ويكون أكسيد الرصاص بدلا من الرصاص على سطح هذا اللوح كما ان الأيدروجين ينتج نحو القطب السالب

وليس هناك اتحاد كىماوى بين الرصاص والايدروجين فيبقى اللوح السالب رصاصا كما كان قبل مرور التيار واذن نرى أنه بعد عملية الشحن هذه يصبح احد الألواح رصاصيا (اللوح السالب) والآخر أوكسيد الرصاص (اللوح الموجب) واذن على حسب نظرية العمود البسيط يصبح عندنا لوحان من مادتين مختلفتين فى حامض الكبريتيك المخفف بالماء فيكون أذن هناك عمود يعطى جهدا كهربائيا وتيارا وطاقة كهربائية ونكون

إذن قد حصلنا بهذه الطريقة على منبع للكهرباء بحيث يمكننا ان نأخذ الطاقة التي وضعناها في العمود بعملية الشحن ما عدا الجزء الذي يفقد كما بينا سابقا

وعملية الشحن اذن هي تحويل طاقة كهربائية الى طاقة كيميائية بحيث يمكن عكس العملية ثانيا بالتفريغ بأن نحول الطاقة الكيميائية المخزونة في داخل العمود الى طاقة كهربائية

بند (١٧٢) من البديهي ان عملية الشحن هذه تكون قد انتهت عند ما يتغطي سطح اللوح الموجب جميعه بطبقة من أوكسيد الرصاص لأن الاستمرار في عملية الشحن بعد ذلك لا يكون له فائدة بعد ذلك وليس من المتيسر معرفة تمام عملية الشحن بالنظر الى اللوح الموجب ومعرفة ما اذا كان قد تغطى بجميع سطحه بأوكسيد الرصاص بل هناك طرق كثيرة عملية لمعرفة ذلك منها ما يأتي : —

(أولا) وصول فرق الجهد بين اللوحين الى المقدار المعتاد لهذه الاعمدة وهو ٢ر٢ اذا قيس بالفولتمتر

(ثانيا) عملية الشحن هذه تستدعي خروج غازات من السائل ولكن مقدار ما يخرج من هذه الغازات يزيد كلما زادت الشحنة في العمود الى أن يأتي وقت نري فيه ان الغاز يخرج بشدة من السائل فنعلم ان العملية قد انتهت

(ثالثا) تزداد كثافة السائل أثناء عملية الشحن وقد قلنا ان المقدار المعتاد للكثافة قبل الشحن هي ١ر١٧ وقد وجد بالقياس

ان تمام الشحن يكون عند ما تكون الكثافة من ١٢ الى ٢٥ هذه الأعداد للكثافة قبل الشحن وبعده تقريرية وتعلق

بالاحوال التي تستعمل فيها هذه الأعمدة

فمثلا في البلاد الحارة حرصا على حفظ هذه الأعمدة زمنا

طويلا يستحسن ان تكون الكثافة قبل الشحن ١٧ وبعده ٢٢

وفي البلاد الباردة ربما استعملت الأعداد ٢٢ و ٢٤

تقريرا على التوالي

وهناك طريقة أخرى لمعرفة تمام الشحن يستعملها العمال فقط وهي انه يقرب سلكان أحدهما متصل بالقطب الموجب والآخر بالقطب السالب فإذا ما حدث شرارة كبيرة عند تقريب السلكين أحدهما من الآخر بدون ان يتماسا استنتج ان العمود قد شحن ولكننا نؤكد على الطالب عدم استعمال هذه الطريقة لانها تسبب ضررا جسيما للعمود لان اتصال هذين السلكين هو ما نسميه دائرة قصيرة للعمود اي انه اتصال بدون مقاومة خارجية وبما ان هذه الأعمدة ليس لها الا مقدار صغير من المقاومة الداخلية فتكون النتيجة إذن لهذا التلامس مرور تيار كبير جدا يحدث حرارة كبيرة داخل العمود وتفاعل كيمائي شديد يسبب اتلاف الألواح

بند (١٧٣) عملية التفريغ تحدث عندما يراد أخذ تيار كهربائي من هذا العمود فلنفرض أننا نريد اضاءة مصباح فنصل أحد طرفيه بالقطب الموجب للعمود والآخر بالقطب السالب

فيسري التيار من القطب الموجب للعمود إلى المصباح ثم يصل إلى العمود من اللوح السالب ويتجه في السائل نحو اللوح الموجب وبذلك تكمل الدائرة للتيار

نرى إذن أن التيار في عملية التفريغ يخرج من العمود من قطبه الموجب مع أنه في عملية الشحن أدخلنا التيار في العمود من هذا القطب الموجب

ونرى أيضا أن اتجاه التيار في داخل العمود في عملية الشحن ضدها في عملية التفريغ

لذلك يتجه الاوكسجين في عملية التفريغ الى القطب السالب الذي قلنا عنه إنه من الرصاص فقط كما يتجه الايدروجين الى اللوح الموجب ونتيجة هذا من دروس الكيمياء أن اللوحين يصبحان مغطينين بطبقة من كبريتات الرصاص وكما في عملية الشحن نستنتج أن عملية التفريغ تكون قد انتهت وأتينا نكون قد أخذنا كل ما في العمود من الكهرباء عند ما تغطي هذه الطبقة الكبريتية جميع السطح للألواح

ولكن هذا لا يسمح به عمليا لأن معناه أن جهد العمود يصبح صفرا وأن الطبقة المتكونة من كبريتات الرصاص تصبح سميكة بدرجة أن عملية الشحن التي تلي ذلك تكون متعذرة ويتلف العمود نهائيا لهذا يجب أن لا نستمر في عملية التفريغ إلى آخرها بل يجب أن نقف عندما يصل جهد العمود إلى ١.٨ فولت

وبعد ذلك نبتدىء في شحنة مباشرة

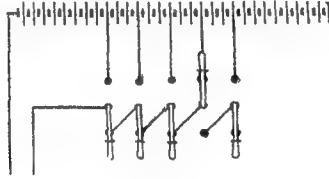
على هذا الاحتراس يتوقف ضغط العمود بحالة جيدة وإن لم يراع ذلك وسقط الجهد الى الصفر أو ما يقرب من ذلك يحصل تلف كبير للعمود بحيث يصبح بعد غير صالح للاستعمال وهناك طريقة أخرى لمعرفة متى تقف عملية التفريغ وهي كما في الشحن بقياس كثافة السائل لأن السائل في عملية التفريغ هذه تقل كثافته فيقف عندما تصل الى كثافة قدرها ١١٧ تقريباً ومن الاحتياطات الواجب مراعاتها أيضاً لحفظ هذه الأعمدة بحالة جيدة عدم أخذ تيار كبير منها يزيد عن المقدار المقرر لها بواسطة المصنع الذي عملها

فمثلاً إذا كانت النهاية العظمى للتيار الممكن أخذه من العمود هو ١٠ أمبير وجب أن لا نستعمله ليعطى أى مقدار أكبر من هذا بكثير والا قل زمن صلاحية العمود للعمل

بند (١٧٤) الجهد والتيار للعمود

الجهد في هذه الأعمدة يكون دائماً حول ٢ فولت ويتعلق بحالتها من حيث الشحن والتفريغ كما يتنا بالاعداد السابقة ولذلك إذا لزم جهد أكبر من هذا وجب إضافة عدة أعمدة على التوالي فمثلاً إذا كانت هذه الأعمدة ستستعمل لانهارة مصابيح تحتاج إلى ١٠٠ فولت وجب أن يوضع خمسون منها على التوالي لتعطي هذا الجهد ومن المستحسن أن يكون العدد أكثر من ذلك لأننا وجدنا أن الجهد ينخفض الى ١٠٨ عند انتهاء عملية التفريغ المسموح بها فيكون إذن العدد اللازم نهائياً هو $\frac{100}{1.08} = 92$

عمودا تقريبا ولكن استعمال ٥٦ عمودا في أول الامر عندما يكون العمود مشحونا شحنا تاما ينتج ١١٢ فولتا إذن يكون الترتيب هو أن يعمل ٥٠ منها على التوالي و ٦ الاخيرة يعمل لها اتصالات منفردة بحيث يمكن استعمال أى عدد من الاعمدة محصور بين ٥٠ و ٥٦ حسب الحاجة كما بينا وشكل (٢٦٨) يبين طريقة تغيير عدد من الاعمدة بالدائرة بواسطة مفاتيح توصيل حاد السكينة



شكل (٢٦٨)

هذه العملية والترتيب يستعملان أيضا عند شحن الاعمدة فمثلا نفرض أننا نريد ان نشحن ال ٥٦ عمودا المذكورة من دينامو مثلا مقدار جهده يساوى ١٢٠ فولت فعند الابتداء يكون جهد العمود الواحد ١٨ فولت على أقل تقدير ويكون جهد ٥٦ عمودا $١٨ \times ٥٦ = ١٠٠٨$ فولت ولذلك يكون الجهد الزائد من الدينامو عن جهد الاعمدة مجموعة على التوالي جميعا $١٠٠٨ - ١٢٠ = ٨٨٨$ فولت وفرق الجهد هذا هو الذى يبعث تيارا فى الاعمدة يساوى خارج قسمة الجهد على مقاومة

جميع الأعمدة مجتمعة مضافا إليها مقاومة الاسلاك الموصلة من الأعمدة الى الدينامو ومضافا إليها المقاومة الداخلية للدينامو نفسه نفرض ان فرق الجهد $= ٢٠$ فولتا لسهولة الحساب وان المقاومة جميعها في الدائرة $= I$ أوهم (مقاومة الدينامو والاسلاك والأعمدة) فيكون التيار $= \frac{٢٠}{I} = ١٠٠$ أمبير

ولكننا نعلم ان الأعمدة يزداد جهدها تدريجيا عند الشحن الى ان يصل الى الجهد النهائي لها الذي يساوي تقريبا ٢٢٣ فولت فيجد اذن ان التيار المستعمل في الشحن يقل تدريجيا وقلته هذه تطيل مدة الشحن وللتغلب على هذه الصعوبة طرق كثيرة منها (أولا) - يحذف من الأعمدة التي على التوالي عمود فأخر بالتدريج كلما وجدنا ان التيار يقل وبحيث يكون الجزء المحذوف كافيا لحفظ مقدار التيار للشحن مقدارا ثابتا تقريبا

فمثلا عندما يصل جهد كل عمود الى ٢ فولت نجد أنه يلزم أن يترك ٦ أعمدة من الدائرة ويبقى منها فقط ٥ عمودا تحت الشحن ليكون جهد هذه ٥٠ عمودا ١٠٠ فولت ولكي يبقى الفرق بين جهد الأعمدة وجهد الدينامو $= ٢٠$ فولت تقريبا

وعند قرب الانتهاء من الشحن قد يصل جهد العمود الواحد الى ٢٧٧ فولت فقط عند الشحن ولكن بمجرد ابطال عملية الشحن ينزل الجهد دفعة واحدة الى ما يقرب من ٢٢ فولت

وعلى حساب ان جهد العمود الواحد ٢٧ فولت يكون
 مجموع الاعمدة على التوالى التى يكون جهدها ١٩٠ فولت هو $\frac{100}{27}$
 $= 37$ عمودا تقريبا ونكون قد أخرجنا من الدائرة ٥٦ — ٣٧
 $= 19$ عمودا

وهذه الطريقة وحدها ليست المستعملة في الاحوال العادية
 (ثانيا) - يستعمل دينامو خاص يسمى دينامو الشحن يعطى
 جهدا مختلفا بين النهاية الصغرى اللازمة عند بدء الشحن والنهاية
 الكبرى عند الانتهاء وفي حالتنا المذكورة سابقا يكون جهد
 الدينامو هذا من ١٠٠ الى ١٦٠ فولت والترتيب الذى يعمل
 للوصول الى اختلاف الجهد فى الدينامو ليس من بحثنا الآن غاية
 الامر أنه يمكن فى هذه الحالة ان يكون عدد ٥٦ عمودا دائما ثابتا
 وجميعها متصلة على التوالى

(ثالثا) - الطريقة الاكثر استعمالا هى ان تستعمل الطريقتان
 المذكورتان فى اولا وثانيا فى عملية واحدة فيستعمل الدينامو
 الخاص ويعمل الاتصالات لفصل ٢٠ من الاعمدة من المجموعة
 كلها واحداً فواحداً على حسب الحاجة كما شرحنا اولا

(رابعا) - يستعمل مع دينامو الشحن ويتصل معه على
 التوالى دينامو آخر يكون عضو استنتاجه متصل على التوالى (اى
 دينامو توالى) ويعطى جهدا حول ٦٠ فولت ويكون الدينامو
 الاصلى دينامو التوازي ذا جهد يساوي تقريبا ١٢٠ فولت

وبإضافة الدينامو الاول للثاني نحصل على ١٨٠ فولت لو شئنا
ودينامو التوالى هذا يدار بمحرك مرتبط معه على عمود واحد
وتسمى المجموعة الاخيرة الدينامو التوالى والمحرك (بالمساعد)
وهذه الطريقة الاخيرة مع أولا هي الاكثر استعمالا فى جميع
المحطات الكهربائية

بند (١٧٥) متاعب البطاريات الثانوية

المادة الموجودة على سطح الألواح وهى التى تسمى المادة
الفعالة قابلة للسقوط من سطح الألواح اذا كان الاستعمال سيئا
كما لو اخذ من البطارية تيار أكثر مما يجب يحدث حرارة شديدة
فى الألواح فيتفكك من عليها هذه المادة

كما ان سوء الاستعمال هذا قد يثنى الألواح ويجعلها تحدث
اتصالا داخليا فى العمود فيحدث التفريغ داخليا ويزداد الانشاء
وسقوط المادة الفعالة ولهذا تجد انهم يضيفون قضباناً رفيعة صغيرة
من الخشب او الزجاج لتفصل بين الألواح منعاً لهذا

وعند سقوط المادة الفعالة الى قاع الاناء للعمود قد ترتفع
فى السطح وتجعل الألواح تمس ويحدث ما سبق ان ذكرنا زيادة
على ذلك فان هذه البطاريات تحتوي على الواح من الرصاص
كبيرة الكثافة وزنها كبير بدرجة أن كبيرة السعة منها لا يمكن
نقله بسهولة كما انها مملوءة بالحامض وهذا يزيد صعوبة نقلها من
جهة الى اخرى الا بأحتراس تام

وأخيرا فإن هذه البطاريات كبيرة الثمن بحيث ان البطارية التي تحتوى على ٦٠ عمودا تعطى تيارات قدرها ٦٠٠ أمبير لمدة ١٠ ساعات يزيد ثمنها على الف جنيه وربما تحتاج التجديد جميعها بعد خمس سنوات اى ان استهلاكها كبير أيضا ولكن مقابل هذا نجد الفوائد الآتية .

بند (١٧٦) فوائد البطاريات الثانوية

(اولا) — قلة المقاومة الداخلية تجعل هذه الاعمدة قادرة على إعطاء تيارات كبيرة جدا ربما تصل الى ١٠٠٠ أمبير او أكثر وهذا مستحيل في البطاريات الابتدائية التى لاتعطى أكثر من جزء من الامبير او على الاكثر ٢ او ٣ أمبير مالم توضع عدة منها على التوازي

(ثانيا) — يمكن استعمالها في الاحوال التى تكون فيها القوة اللازمة من محطة التوليد مرة كبيرة ومرة صغيرة

فلنفرض مثلا ان المحطة الكهربائية تحتاج لتوليد ١٠٠٠ أمبير فى وقت ما كما انها لا يطلب منها الا ١٠٠ أمبير فى وقت آخر فى هذه الحالة لا يكون من الاقتصاد فى شىء ان نجهز المحطة بمولدات تعطى ١٠٠٠ أمبير لانه عند ما يكون الحمل عليها ١٠٠ أمبير فقط يكون اشتغالها بجودة رديئة جدا

وزيادة على ذلك ربما طلب الحمل ١٠٠٠ أمبير زمنا وجيزا جدا لهذا وجد انه يحسن ان يكون المولدات لحمل قدره ٥٠٠ أمبير مثلا وتوضع المولدات مع بطارية على التوازي

فعندما يكون الحمل على المحطة قليلا تشحن البطارية وعندما يكون كبيرا أى أكبر من قوة المولدات تساعد البطارية المولدات فى أخذ الحمل الزائد عن قوة المولدات

ولكن صعوبة استعمال البطاريات التى ذكرناها سابقا (بند ١٧٥) تجعل هذه الطريقة قليلة الاستعمال وبدلا منها تستحضر عدة مولدات فى المحطة الواحدة بحيث تدار جميعها او بعضها على حسب الحمل على المحطة

(ثالثا) - يمكن استعمالها فى إنارة المنازل وذلك بشحنها نهارا بواسطة مولد و ليلا نفعها للأضاءة وهذا يمنع حدوث ضوضاء أثناء الليل

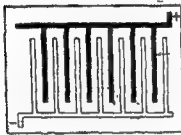
وزيادة على ذلك فان تغيرات الجهد بتغير الحمل تكون أقل عند وجود البطارية

بند (١٧٧) تقدير سعة البطارية وجودتها

جميع الأعمدة الثانوية تصنع تقريبا من النوع الذى شرحناه ولكن هناك انواع اخرى سنشرحها فيما بعد وكل من هذه الأعمدة يحسب جهدها المتوسط على ٢ فولت ولذلك اذا أردنا الحصول على جهد قدره ١٢٠ فولت احتجنا على وجه التقريب الى ٦٠ عمودا على التوالى

ولكن هناك شئ مهم جدا غير الجهد وهو التيار الممكن أخذه من الأعمدة وهذا يتعلق بحجم او سعة العمود او مساحة سطح ألواحها وعددها

فكلما زاد التيار اللازم أخذه من العمود وجب أن يزيد عدد الألواح في العمود الواحد فقد يكون عددها ١٣ لوحا في العمود الواحد ٧ منها سالبة و ٦ موجبة موضوعة على الترتيب شكل (٢٧٠) وقد يكون العدد أكثر من ذلك كما انه زيادة على



شكل (٢٧٠)

عدد الألواح يمكننا ان نستعمل الواح اكبر في المساحة كلما زاد التيار المطلوب أخذه منها وبالاختصار فإن الجهد الكلي يتعلق بعدد الأعمدة على التوالي وأما

التيار فيتعلق بعدد الألواح في العمود الواحد وسعة سطح الألواح نفسها وهناك طريقتان لتقدير سعة البطارية (الأولى) - الأٌمبير ساعات التي يمكن ان تعطيها البطارية بدون ان يقل الجهد عن ١٫٨ فولت للعمود الواحد

فنقول مثلا ان هذه البطارية ٦٠٠ أمبير ساعة ونقصد بذلك أننا يمكننا ان نأخذ منها ٦٠٠ أمبير لمدة ساعة او ٢٠٠ أمبير لمدة ٣ ساعات وهكذا

إنما بشرط ان لا يزيد مقدار التيار المأخوذ منها على النهاية العظمى المقررة ففي هذه الحالة مثلا اذا فرض ان ٦٠٠ أمبير هو النهاية العظمى فلا يمكننا ان نأخذ منها ١٢٠٠ أمبير لمدة نصف ساعة لكي يكون المأخوذ أيضا هو ٦٠٠ أمبير ساعة لان هذا يتلف البطارية

وعند شحن البطارية أيضا يمكن حساب الأمبير ساعات التي تلزم وخارج قسمة الأمبير ساعات في التفريغ على الأمبير ساعات للشحن يسمى الجودة

(الثانية) - التقدير بالكيلووات ساعات وفي هذه الحالة ندخل جهد البطارية في الحساب فمثلا اذا فرض أنه يمكن في البطاريات السابقة أخذ ١٠٠ أمبير لمدة ساعة وان الجهد المتوسط أثناء ذلك هو

٢ فولت فيكون مقدار الكيلووات ساعة هو $\frac{2 \times 100}{1} = 200$ كيلوات ساعة او ١٢٠٠ وات ساعة

وكذلك خارج قسمة الوات ساعة في التفريغ الى الوات ساعة في الشحن يعطى الجودة بهذه الطريقة

وظاهر ان الجودة بالطريقة الثانية أقل منها بالطريقة الاولى وذلك لامن الجهد ينخفض تدريجيا أثناء التفريغ

وحقيقة أن ثمن البطارية يتوقف على عدد الأمبير ساعات أو الوات ساعات التي يمكن الحصول عليها من البطارية

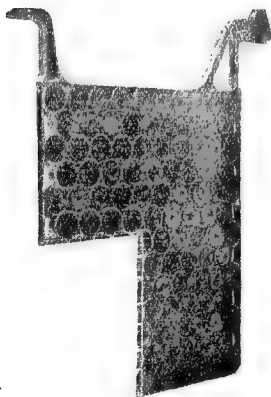
بند (١٧٨) أنواع البطاريات

يوجد عدد عظيم من البطاريات قد تختلف في طريقة صنعها التي تكون في العادة سرا من أسرار الصناعة وسنشرها هنا لفائدة الطالب مع تحذيره من أن ترتيب وضعها هنا لا يعنى أفضلية إحداها عن الأخرى فالبطاريات الثابتة التي سعتها ١٠٠٠ أمبير ساعة مقدر تفريغها على ١٠ ساعات تصنع من أو ان منشورية من

الزجاج وأما البطاريات التي أكبر من ذلك فتعمل من صناديق من الخشب مبطنة بالرصاص

والفروق الأساسية للبطاريات الحمضية تكون في طريقة وضع العجينة الكيميائية على سطح الألواح فمنها ذات الخلية السداسية والدائرية والمربعة والمثلثية

الأعمدة الكلورورية: هذه الأعمدة تصنع من منذ ٣٠ سنة بواسطة شركة الأعمدة الكلورورية الكهربائية وهي على أربعة أنواع أساسها واحد ولكنها تختلف حسب الاستعمال فمنها بطارية كلوريد وتستعمل للمحطات العمومية وبطارية بلاتينيد مصممة



شكل (٢٧١)

لنفس هذا النوع من العمل وبطارية أكسيد وتصمم لكي تشغل أقل حيز ممكن ويكون وزنها أقل مما يمكن أيضا وبطارية أكسيد الحديد (ذات صندوق حديد) وتستعمل في المحطات الكهربائية المغذية للقاطرات الكهربائية وشكل (٢٧١) يبين لوحا موجبا لبطارية كلوريد وهو عبارة عن

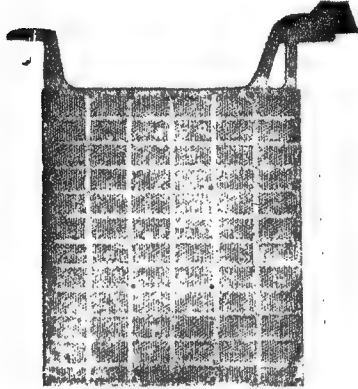
سبيكة من الرصاص والأتيمون قوية تتحمل تأثير السائل الحمضي ذات ثقب أسطوانية

يوضع بها شريط حلزوني من الرصاص النقي الموجب يرشم في موضعه وهذا النظام يعرض سطحاً عظيماً لتأثير السائل الكماوي تتكون حوله بواسطة الشحن المبدئي طبقة من ثاني أكسيد الرصاص أما شبك عمود بلاتيد الموجب فهو كالنظام العادي لبلاتيد فقط لا يوجد بواسطة اللوح ضلع التقوية وإن كان هذا يجعل سبك الشباك صعباً إلا أنه يعرض أكبر سطح ممكن من اللوح لتأثير السائل الحامض

وشكل (٢٧٢) يبين شكل شبك اللوح السالب لعمود كلوريد وبلاتيد وهو يبين شبكاً من سبيكة الرصاص والأتيمون مقسماً إلى مستطيلات تملأ بواسطة شبك من الرصاص النقي تملأ ثقبه بالمادة الكيميائية أما الألواح الموجبة والسالبة لعمود أكسيد فهي عبارة عن سبيكة شبكية من الرصاص الصلب يوضع بها المادة الكيميائية على شكل عجينة وتحفظ هذه العجينة في مواضعها بواسطة سيقان مثلثة عرضية صغيرة.

أما في عمود أكسيد الحديد فيبنى اللوح الموجب من عدد من سيقان سبيكة الرصاص والأتيمون تجمع نهاياتها العليا والسفلى بواسطة عارضتين من الرصاص ويوضع حول هذه السيقان أنابيب مشقوقة من الابنوس الصناعي والعجينة الكيميائية

توضع بين هذه الانابيب والسيقان وهي لا تسقط ولكن تكون
معرضة للسائل الحامض



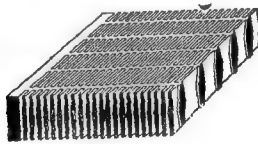
شكل (٢٧٢)

وفي كل هذه الأعمدة تكون الفواصل بين الألواح من
خشب خاص و تستعمل سيقان خشبية لحفظ هذه الفواصل في
محلها للبطاريات الثابتة واما في البطارية النقال فتكون الفواصل
من خشب قشرة رفيع او من خشب سميك محفور بطوله

أعمدة ويجردان - بلاتية للبطاريات الثابتة تصنع الألواح
الموجة بطريقة بلاتية وهي تتركب من عدد عظيم من الأضلاع

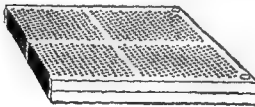
الرأسية تتقاطع على مسافات منتظمة بواسطة عوارض تقوية وبذا يمكن أن تتمدد الألواح بدون انبعاج وان المادة الكيميائية تكون بطريقة خاصة بالشركة تجعل الألواح تكتسب قشرة صلبة من ثاني أو أكسيد الرصاص

ففي شكل (٢٧٣) تشاهد الاضلاع الرأسية والعارضات واذا



شكل (٢٧٣)

كان التفريغ سريعا فلنضع أنبعاج الألواح يسبك بوسطها غشاء رصاص للتقوية واما شكل (٢٧٤) فيبين اللوح السالب لهذه



شكل (٢٧٤)

الاعمدة ويتركب من

سبيكة من الرصاص

والا يتمون مجزأة الى

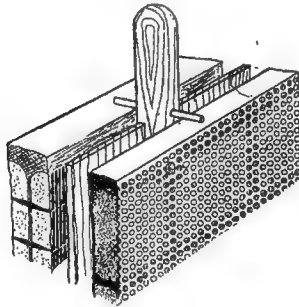
مستطيلات يوضع بينها

عجينة المادة الكيميائية ويوضع على وجهتها الواح ذات خلايا تبرشم معها وهذه الألواح تمنع سقوط المادة الكيميائية عند تمددها ولذا لا تحتاج هذه الاعمدة الى تنظيف

وسعة اعمدة بلانتيه من ١٢ الى ١٥ ر٥ أمبير ساعة لكل
كيلوجرام من الالواح او ٥ أمبير ساعة لكل كيلوجرام من
البطارية الكاملة

والشركة تصنع بطارية سعتها من ٣٠ الى ١٠٠٠٠ أمبير ساعة
بشمن من ١ ر٥ الى ١٥٠ جنيه مصرى مركبة فى محلها وجودتها من
٩٠٪ الى ٩٥٪ محسوبة على السعة بالامبير ساعة او ٧٢٪ الى
٧٨٪ محسوبة على القدرة بالوات ساعة

ومقاومتها تتغير عكسيا تبعا لسعة العمود وهى تساوى تقريبا
٢ ر. أوهم على السعة محسوبة على ١٠ ساعات فثلا مقاومة البطارية
التي سعتها ١٠٠٠ أمبير ساعة هى ٢ ر. أوهم وشكل (٢٧٥)
يبين نظام وضع الفواصل الخشبية للاعمدة



شكل (٢٧٥)

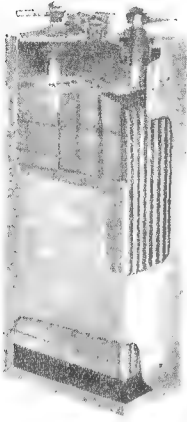
بند (١٧٩) الاعمدة النيكلية

وجد من الصعب استعمال البطاريات الثانوية السائلة في السيارات والعربات المتنقلة نظرا لثقلها في الوزن وعدم صلاحيتها للتذبذبات الحادثة للعربات في الطريق ففكر بعض علماء السويد في عمل اعمدة لهذا الغرض تختلف اختلافا كبيرا في التركيب من الداخل

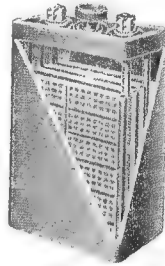
تتركب الالواح الموجبة من مواسير الصلب النيكل مملوكة حول بعضها حيث تكون ماسورة واحدة وملفوف حول كل ماسورة قشرة من النيكل المندى بالماء الممزوج بالاملاح المعدنية ووسط كل قشرة يبلغ $\frac{1}{4}$ من البوصة المربعة

وتتركب الالواح السالبة من أكسيد الحديد الزئبقى توضع بداخل غلاف رفيع من الصلب النيكلى وأما السائل فيتكون من ٢١ ٪ من محلول هيدرات البوتاسيوم مع محلول الصودا الكاوية المخففة وتركيب هذا المحلول في الحقيقة سر من اسرار معامل صانعى هذه الأعمدة حيث لهم من ذلك فائدة— فعند الشحن يتحول اللوح الموجب الى ثنائى أو أكسيد النيكل واللوح السالب الى حديد وعند التفريغ يتحول اللوح الموجب الى أول أو أكسيد النيكل واللوح السالب الى أول أكسيد الحديد

وشكلى (٢٧٦) و (٢٧٧)
يبينان نوعين مختلفين من
هذه الأعمدة



شكل (٢٧٧)



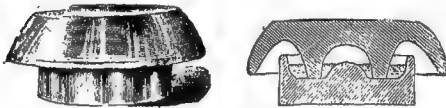
شكل (٢٧٦)

وتمتاز هذه الأعمدة بخفتها في الوزن وتعطى من ٧٥ إلى ١٢
أمبير ساعة أو حوالى ١٢ وات ساعة لكل رطل من وزنها الكلى
وسعتها مضمونة من ست إلى عشرة سنوات حسب حالات
تشغيلها وتختلف جودتها بالأمبير ساعة من ٧٥٪ إلى ٨٠٪
وبالوات ساعة من ٦٠٪ إلى ٦٥٪
وضغط العمود الواحد وقت الشحن ١٢٦٥ فولت ووقت
التفريغ ١٢٣ فولت

نفقات تكاليف هذه الأعمدة كثيرة وقوتها الدافعة الكهربائية حوالى ٦٠٪ من القوة الدافعة الكهربائية للأعمدة السائلية والمقاومة الداخلية كبيرة وبسببها يكثر الضغط المفقود بالداخل وكل هذه دواعي تسبب منها عدم استعمال هذه الأعمدة في المحطات الكهربائية بل تفضل عنها الأعمدة السائلية

بند (١٨٠) ملاحظات عملية على تشغيل البطاريات :-

(١) يجب ان يوضع كل اثناء زجاجي على صفحة من الخشب تحمل على أربعة عوازل من الزجاج شكل (٢٧٨) او الصيني



شكل (٢٧٨)

مركبة من قطعتين السفلى على حالة فلجان يحتوي على زيت راتنجي والعليا عبارة عن غطاء له وقد تستبدل الصحيفة بلوح من الرصاص أو المطاط ويجب ان يكون المنشأ الخشبي الحامل للبطاريات جيد العزل

(٢) يلزم ان يكون حامض الكبريتيك المستعمل نقياً ويجب ان يمزج بماء مقطر بنسبة ١ الى ٥ كما يلزم ان يضاف الحامض للماء بالتدريج (وأن لا يعمل العكس أبداً) ويجب ان تكون كثافة المزيج بعد تبريده ١.١٨ الى ١.١٩

(٣) عند تعويض السائل المفقود بالتبخّر يلزم أن يستعمل الماء المقطر ويجب أن يكون سطح الماء أعلى من قمة الألواح
(٤) يلزم قياس ضغط الأعمدة أثناء تفريغها بفولتметр يبين لغاية ٠.٥ ر. فولت

(٥) يستحسن قياس تفريغ العمود بواسطة أي درومتر ويلزم أن لا تقل كثافة السائل عن ١.١٧ عند تمام التفريغ وأن تكون من ١.٢ الى ١.٢١ عند تمام الشحن

(٦) يلزم قياس ضغط وكثافة كل عمود مرة على الأقل أسبوعيا وقيد ذلك في دفتر مخصوص كما يلزم عزل وتصحيح أي عمود يحصل به خطأ في الحال

(٧) عندما تكون البطارية جديدة يلزم شحنها باستمرار حتى تصل الى درجة يزداد فيها مقدار كثافة السائل أو الجهد لمدة ٥ أو ٦ ساعات وهذه المدة جميعها تكون بين ٤.٥ و ٥.٥ ساعة

(٨) عندما تصير البطارية تامة الشحن يكون لون مائها كلون اللبن وذلك لتولد عدد لانهاية له من الفقيعات الغازية لا يمكن امتصاصها بالألواح وإذا كان الشحن سريعا فإن البطارية تصير بلون اللبن قبل تمام الشحن ولذا تكون درجة تمام الشحن بعد درجة ظهور اللون اللبنى لأنه عندئذ تكون الفقيعات أكبر ويكون السائل رائقا تقريبا وهذه الحالة تسمى بالحالة الغازية

(٩) يجب أن تشحن البطارية جيدا مرة في الأسبوع وإذا كان استعمال البطارية قليلا فيجب أن تفرغ وتشحن مرة في

الأسبوع وذلك لحفظ الألواح في حالة جيدة وإذا لم يكن استعمال البطارية قليلا فالحفظ الألواح في حالة جيدة يلزم ان تفرغ مرة كل أسبوع بمقدار ٥٠٪ الى ٧٥٪ من سعتها ثم يعقب ذلك شحنها كالمعتاد الى ان تصل البطارية للدرجة الغازية ثم يستمر الشحن بعدئذ من ١٠ الى ١٥ دقيقة

(١٠) اذا لم يظهر باي عمود الدرجة الغازية مع بقية البطارية فيلزم امتحانه باعتناء لمعرفة ما اذا كانت اي قطعة من عجينة المادة الكيميائية شاحطة بين الألواح ومحدثه قصرها فاذا كان ذلك وجب ازلتها وأما اذا تماست الألواح فيلزم استبدالها وفصلها عن بعضها ولا رجع العمود كحالته الاصلية يلزم ان يوصل مع بقية البطارية أثناء الشحن فقط

(١١) يلزم عدم تجاوز سعة تفريغ البطارية

(١٢) يلزم عدم قصر اى عمود

(١٣) يلزم حفظ نقطة اتصال كل عمود ومجاورة نظيفة وجامدة

(١٤) لا يلزم ان تترك البطارية مفرغة كلياً او جزئياً فترة

طويلة من الزمن لان ذلك يكون طبقة من كبريتات الرصاص فوق اسطح الألواح لا يمكن ازلتها بالشحن لان هذه المادة رديئة التوصيل ولقد سبق ان قلنا ان كبريتات الرصاص تتكون عند تفريغ البطارية ولكن في هذه الحالة يكون سمك طبقتها ضئيلاً جداً بحيث يمكن ازلتها بالشحن

(١٥) عندما تكون البطارية في حالة جيدة وتامة الشحن يلزم ان يكون لون الأتله الموجبة بنيا محمرا أو لون الشكولاتة ولون الألواح السالبة رماديا مزرقا أو لون الارردواز

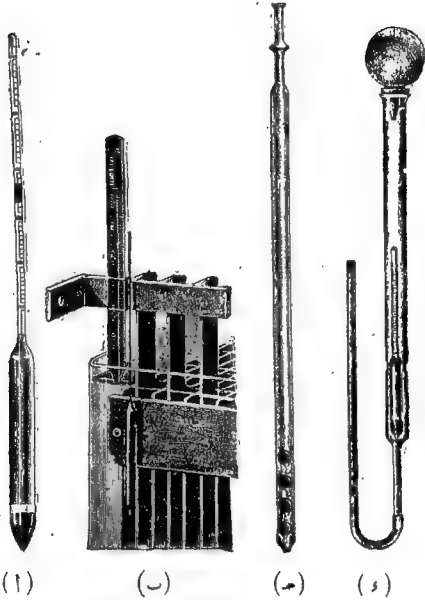
(١٦) يلزم التأكد من خلو غرفة البطارية من الرماد كما يلزم التحفظ من عدم سقوط قطع معدنية بالأعمدة لثلا تتلف البطارية ويقل عمرها

(١٧) يوجد أربعة أشياء تمكن العامل النابه من معرفة حالة بطاريته وهى (١) لون الألواح (٢) كثافة السائل (٣) فرق جهد كل عمود (٤) نسبة أمبير ساعات الشحن الى أمبير ساعات التفريغ : هذه الاشياء تمكن العامل النابه من معرفة حالة بطاريته ومع الزمن قد يتولد عنده غريزة معرفة موضع وسبب اى خلل وبذا يمكن تلافيه في الحال

بند (١٨١) الهيدرومترات

عبارة عن اجهزة كالمبينة بشكل (٢٧٩) توضع في السائل لمعرفة كثافته على المقياس المدرج عليها وكثافة أى محلول عبارة عن كتلة السنتيمتر المكعب منه

تؤخذ القراءة عندما تكون مطابقة لسطح السائل فكلما زادت كثافة السائل كلما قل غمره وحيث ان كثافة الماء النقي واحد صحيح فيسهل اذا تدرج الهيدرومتر وذلك بغمره في الماء النقي وتعليم واحد صحيح او ١٠٠٠ عليه في محاذاة سطح الماء



شكلا، (٢٧٩)

وتزداد كثافة ابي محلول حمضى عن كثافة الماء النقي فاذا زاد الحمض زادت الكثافة فعند ابتداء تكوين العمود الثانوى او البطارية تكون كثافة محلوله ١.٢ أو ١.٢٠٠ قبل وضعه ولكن عند التشغيل

في كل من حالي الشحن والتفريغ تضعف كثافة المحلول ويسهل معرفة ذلك بواسطة الهيدرومتر الذي منه يمكن معرفة كمية الخامض التي لم تزل به والهيدرومترات على أنواع كثيرة فالبين بشكل (٢٧٩) (١) هو النوع العادي البسيط حيث تؤخذ القراءات على التدرج المبين على الساق العلوي عندما يكون مساويا لسطح السائل والجزء السفلي منه لمل برش ربيع جدا

أما في هيدرومتر هولدن المبين بشكل (٢٧٩) (ب) يعلق مقياس خشبي مدرج على قضيب العمود ومضبوط بحيث نهايته السفلى تلمس سطح السائل فيغمر حينئذ الهيدرومتر في السائل وتؤخذ القراءات موازية لأعلى سطح الهيدرومتر

اما في الهيدر ومترالمين بشكل (٢٧٩) (م) فالانبوبة مفتوحة من احدي نهايتها وتحتوي على اربعة خرزات مختلفة اللون تعوم في كثافات مختلفة تكون عادة ١٥ ١٧ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤ ٢٥ ٢٦ ٢٧ ٢٨ ٢٩ ٣٠ ٣١ ٣٢ ٣٣ ٣٤ ٣٥ ٣٦ ٣٧ ٣٨ ٣٩ ٤٠ ٤١ ٤٢ ٤٣ ٤٤ ٤٥ ٤٦ ٤٧ ٤٨ ٤٩ ٥٠ ٥١ ٥٢ ٥٣ ٥٤ ٥٥ ٥٦ ٥٧ ٥٨ ٥٩ ٦٠ ٦١ ٦٢ ٦٣ ٦٤ ٦٥ ٦٦ ٦٧ ٦٨ ٦٩ ٧٠ ٧١ ٧٢ ٧٣ ٧٤ ٧٥ ٧٦ ٧٧ ٧٨ ٧٩ ٨٠ ٨١ ٨٢ ٨٣ ٨٤ ٨٥ ٨٦ ٨٧ ٨٨ ٨٩ ٩٠ ٩١ ٩٢ ٩٣ ٩٤ ٩٥ ٩٦ ٩٧ ٩٨ ٩٩ ١٠٠ ١٠١ ١٠٢ ١٠٣ ١٠٤ ١٠٥ ١٠٦ ١٠٧ ١٠٨ ١٠٩ ١١٠ ١١١ ١١٢ ١١٣ ١١٤ ١١٥ ١١٦ ١١٧ ١١٨ ١١٩ ١٢٠ ١٢١ ١٢٢ ١٢٣ ١٢٤ ١٢٥ ١٢٦ ١٢٧ ١٢٨ ١٢٩ ١٣٠ ١٣١ ١٣٢ ١٣٣ ١٣٤ ١٣٥ ١٣٦ ١٣٧ ١٣٨ ١٣٩ ١٤٠ ١٤١ ١٤٢ ١٤٣ ١٤٤ ١٤٥ ١٤٦ ١٤٧ ١٤٨ ١٤٩ ١٥٠ ١٥١ ١٥٢ ١٥٣ ١٥٤ ١٥٥ ١٥٦ ١٥٧ ١٥٨ ١٥٩ ١٦٠ ١٦١ ١٦٢ ١٦٣ ١٦٤ ١٦٥ ١٦٦ ١٦٧ ١٦٨ ١٦٩ ١٧٠ ١٧١ ١٧٢ ١٧٣ ١٧٤ ١٧٥ ١٧٦ ١٧٧ ١٧٨ ١٧٩ ١٨٠ ١٨١ ١٨٢ ١٨٣ ١٨٤ ١٨٥ ١٨٦ ١٨٧ ١٨٨ ١٨٩ ١٩٠ ١٩١ ١٩٢ ١٩٣ ١٩٤ ١٩٥ ١٩٦ ١٩٧ ١٩٨ ١٩٩ ٢٠٠ ٢٠١ ٢٠٢ ٢٠٣ ٢٠٤ ٢٠٥ ٢٠٦ ٢٠٧ ٢٠٨ ٢٠٩ ٢١٠ ٢١١ ٢١٢ ٢١٣ ٢١٤ ٢١٥ ٢١٦ ٢١٧ ٢١٨ ٢١٩ ٢٢٠ ٢٢١ ٢٢٢ ٢٢٣ ٢٢٤ ٢٢٥ ٢٢٦ ٢٢٧ ٢٢٨ ٢٢٩ ٢٣٠ ٢٣١ ٢٣٢ ٢٣٣ ٢٣٤ ٢٣٥ ٢٣٦ ٢٣٧ ٢٣٨ ٢٣٩ ٢٤٠ ٢٤١ ٢٤٢ ٢٤٣ ٢٤٤ ٢٤٥ ٢٤٦ ٢٤٧ ٢٤٨ ٢٤٩ ٢٥٠ ٢٥١ ٢٥٢ ٢٥٣ ٢٥٤ ٢٥٥ ٢٥٦ ٢٥٧ ٢٥٨ ٢٥٩ ٢٦٠ ٢٦١ ٢٦٢ ٢٦٣ ٢٦٤ ٢٦٥ ٢٦٦ ٢٦٧ ٢٦٨ ٢٦٩ ٢٧٠ ٢٧١ ٢٧٢ ٢٧٣ ٢٧٤ ٢٧٥ ٢٧٦ ٢٧٧ ٢٧٨ ٢٧٩ ٢٨٠ ٢٨١ ٢٨٢ ٢٨٣ ٢٨٤ ٢٨٥ ٢٨٦ ٢٨٧ ٢٨٨ ٢٨٩ ٢٩٠ ٢٩١ ٢٩٢ ٢٩٣ ٢٩٤ ٢٩٥ ٢٩٦ ٢٩٧ ٢٩٨ ٢٩٩ ٣٠٠ ٣٠١ ٣٠٢ ٣٠٣ ٣٠٤ ٣٠٥ ٣٠٦ ٣٠٧ ٣٠٨ ٣٠٩ ٣١٠ ٣١١ ٣١٢ ٣١٣ ٣١٤ ٣١٥ ٣١٦ ٣١٧ ٣١٨ ٣١٩ ٣٢٠ ٣٢١ ٣٢٢ ٣٢٣ ٣٢٤ ٣٢٥ ٣٢٦ ٣٢٧ ٣٢٨ ٣٢٩ ٣٣٠ ٣٣١ ٣٣٢ ٣٣٣ ٣٣٤ ٣٣٥ ٣٣٦ ٣٣٧ ٣٣٨ ٣٣٩ ٣٤٠ ٣٤١ ٣٤٢ ٣٤٣ ٣٤٤ ٣٤٥ ٣٤٦ ٣٤٧ ٣٤٨ ٣٤٩ ٣٥٠ ٣٥١ ٣٥٢ ٣٥٣ ٣٥٤ ٣٥٥ ٣٥٦ ٣٥٧ ٣٥٨ ٣٥٩ ٣٦٠ ٣٦١ ٣٦٢ ٣٦٣ ٣٦٤ ٣٦٥ ٣٦٦ ٣٦٧ ٣٦٨ ٣٦٩ ٣٧٠ ٣٧١ ٣٧٢ ٣٧٣ ٣٧٤ ٣٧٥ ٣٧٦ ٣٧٧ ٣٧٨ ٣٧٩ ٣٨٠ ٣٨١ ٣٨٢ ٣٨٣ ٣٨٤ ٣٨٥ ٣٨٦ ٣٨٧ ٣٨٨ ٣٨٩ ٣٩٠ ٣٩١ ٣٩٢ ٣٩٣ ٣٩٤ ٣٩٥ ٣٩٦ ٣٩٧ ٣٩٨ ٣٩٩ ٤٠٠ ٤٠١ ٤٠٢ ٤٠٣ ٤٠٤ ٤٠٥ ٤٠٦ ٤٠٧ ٤٠٨ ٤٠٩ ٤١٠ ٤١١ ٤١٢ ٤١٣ ٤١٤ ٤١٥ ٤١٦ ٤١٧ ٤١٨ ٤١٩ ٤٢٠ ٤٢١ ٤٢٢ ٤٢٣ ٤٢٤ ٤٢٥ ٤٢٦ ٤٢٧ ٤٢٨ ٤٢٩ ٤٣٠ ٤٣١ ٤٣٢ ٤٣٣ ٤٣٤ ٤٣٥ ٤٣٦ ٤٣٧ ٤٣٨ ٤٣٩ ٤٤٠ ٤٤١ ٤٤٢ ٤٤٣ ٤٤٤ ٤٤٥ ٤٤٦ ٤٤٧ ٤٤٨ ٤٤٩ ٤٥٠ ٤٥١ ٤٥٢ ٤٥٣ ٤٥٤ ٤٥٥ ٤٥٦ ٤٥٧ ٤٥٨ ٤٥٩ ٤٦٠ ٤٦١ ٤٦٢ ٤٦٣ ٤٦٤ ٤٦٥ ٤٦٦ ٤٦٧ ٤٦٨ ٤٦٩ ٤٧٠ ٤٧١ ٤٧٢ ٤٧٣ ٤٧٤ ٤٧٥ ٤٧٦ ٤٧٧ ٤٧٨ ٤٧٩ ٤٨٠ ٤٨١ ٤٨٢ ٤٨٣ ٤٨٤ ٤٨٥ ٤٨٦ ٤٨٧ ٤٨٨ ٤٨٩ ٤٩٠ ٤٩١ ٤٩٢ ٤٩٣ ٤٩٤ ٤٩٥ ٤٩٦ ٤٩٧ ٤٩٨ ٤٩٩ ٥٠٠ ٥٠١ ٥٠٢ ٥٠٣ ٥٠٤ ٥٠٥ ٥٠٦ ٥٠٧ ٥٠٨ ٥٠٩ ٥١٠ ٥١١ ٥١٢ ٥١٣ ٥١٤ ٥١٥ ٥١٦ ٥١٧ ٥١٨ ٥١٩ ٥٢٠ ٥٢١ ٥٢٢ ٥٢٣ ٥٢٤ ٥٢٥ ٥٢٦ ٥٢٧ ٥٢٨ ٥٢٩ ٥٣٠ ٥٣١ ٥٣٢ ٥٣٣ ٥٣٤ ٥٣٥ ٥٣٦ ٥٣٧ ٥٣٨ ٥٣٩ ٥٤٠ ٥٤١ ٥٤٢ ٥٤٣ ٥٤٤ ٥٤٥ ٥٤٦ ٥٤٧ ٥٤٨ ٥٤٩ ٥٥٠ ٥٥١ ٥٥٢ ٥٥٣ ٥٥٤ ٥٥٥ ٥٥٦ ٥٥٧ ٥٥٨ ٥٥٩ ٥٦٠ ٥٦١ ٥٦٢ ٥٦٣ ٥٦٤ ٥٦٥ ٥٦٦ ٥٦٧ ٥٦٨ ٥٦٩ ٥٧٠ ٥٧١ ٥٧٢ ٥٧٣ ٥٧٤ ٥٧٥ ٥٧٦ ٥٧٧ ٥٧٨ ٥٧٩ ٥٨٠ ٥٨١ ٥٨٢ ٥٨٣ ٥٨٤ ٥٨٥ ٥٨٦ ٥٨٧ ٥٨٨ ٥٨٩ ٥٩٠ ٥٩١ ٥٩٢ ٥٩٣ ٥٩٤ ٥٩٥ ٥٩٦ ٥٩٧ ٥٩٨ ٥٩٩ ٦٠٠ ٦٠١ ٦٠٢ ٦٠٣ ٦٠٤ ٦٠٥ ٦٠٦ ٦٠٧ ٦٠٨ ٦٠٩ ٦١٠ ٦١١ ٦١٢ ٦١٣ ٦١٤ ٦١٥ ٦١٦ ٦١٧ ٦

وشكل (٢٧٩) (د) يبين نوع آخر من الهيدروترات ليستعمل في الاعمدة الموضوعة في موضع صعب المنال وهو يتركب من أنبوبة زجاجية بأحدى نهايتيها كرة مجوفة من المطاط وبالنهاية الأخرى أنبوبة مطاط فبوضع الأنبوبة في السائل وضغط الكرة يمر جزء من السائل بالانبوبة الزجاجية ويمكن معرفة كثافته النوعية بواسطة الهيدرومتر وضغط الكرة بالثاني يطرد السائل . .

أسئلة

- (١) ما الفرق بين العمود الابتدائي والعمود الثانوي ؟ برهن على أن العمود الثانوي يخزن بداخله طاقة كيميائية وليست كهربائية ثم اذكر نوعا ما من الاعمدة الثانوية
- (٢) ما هي قوانين التحليل لفرداي — وضح التفاعل الكيماوي بداخل عمود به لوحان من الرصاص مغموران في محلول حمض الكبريتيك المخفف ومار به تيار كهربائي
- (٣) ماهي الاحتياطات اللازمة اتباعها عند تشغيل بطارية مكونة من جملة اعمدة ثانوية ؟ وما الذي يحدث عند اهمال هذه الاحتياطات ؟
- (٤) كيف يمكنك معرفة ما اذا كانت البطارية مشحونة او مفرغة ؟ وماذا يحدث اذا فرغت البطارية تفريغا زائدا ؟
- (٥) الى اى مدى تفرغ البطارية الثانوية وما هي كثافة السائل اللاتق استعماله بها وكيف يمكنك اختبارها للتحقق من انها مشحونة شحنا كاملا ؟
- (٦) ما هي المضار التي تحدث للبطارية اذا تركت بحالة تفريغ وما الذي يقصد بكلمة كبريتات وكيف يحدث داخل العمود وكيف تمنعه وما هي احسن الطرق المتبعة لمعالجة الواح كبريتات الرصاص

- (٧) عمود ثانوي قوته الدافعة الكهربائية ١٩٥ فولت ومقاومته الداخلية ٠.٠١٢ أوم فما هو جهده اذا شحن بتيار شدته ١٠٠ أمبير وما هو جهده أيضا اذا فرغ بنفس تيار الشحن الجواب (٢٠٧ ٥٢٨٣٣ فولت)
- (٨) ما هي سعة البطارية اللازم استعمالها لانهارة $\frac{2}{3}$ مصابيح منزل يحتوى على ١٥٠ مصباحا (٦٠ وات ١٠٠ فولت) لمدة ١٠ ساعات الجواب (٦٠٠ أمبير ساعة)
- (٩) اذكر بعض انواع البطاريات ومزايا كل نوع وفي اي الحالات تستعمل
- (١٠) ما هي سعة العمود الثانوى وكيف تتغير بتغير زمن التفريغ وكيف يمكنك تحديد سعة البطارية الثانوية
- (١١) كيف يمكنك عمل تجربة لمعرفة جودة البطارية الثانوية وعلى أى شئ تقدر
- (١٢) ما هي الهيدرومترات (الايدرومترات) وكيف تستعمل مع ذكر نوعين منها وما هي كثافة السائل عند تمام الشحن للعمود
-

الباب الثاني عشر

قوانين التأثير

بند (١٧٢) العلاقة بين التيار الكهربائي والمجال المغناطيسي

بيننا فيما سبق انه اذا مر تيار كهربائي في سلك تتج حول هذا السلك مجال مغناطيسي واثبتنا ذلك بتجارب عديدة ومن البديهي انه اذا انقطع التيار في السلك انعدم المجال الناشئ منه كلية

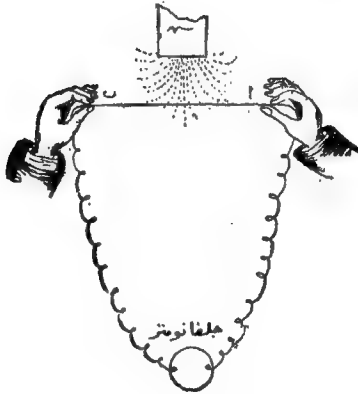
وسنبين الآن كيف يمكن الحصول على تيار كهربائي في سلك بوضعه في مجال مغناطيسي

تجربة (٣٩) خذ سلكاً مثل ١ ب وصل طرفيه ٢ ٦ ب بطرفي

جلفانومتر كما في شكل (٢٨٠) ثم قرب من السلك ١ ب بسرعة قضيباً مغناطيسياً قوياً مثل شـم تجد ان ابرة الجلفانومتر تتحرك دليلاً على ان هناك تياراً كهربائياً يمر بالسلك ١ ب

بعد ذلك ابعد المغناطيس بسرعة عن السلك تجد ان ابرة الجلفانومتر تنحرف وهذا دليل على مرور التيار الكهربائي ثانياً

في السلك ولكنك تلاحظ ان انحراف الابرّة يكون في الجهة
لمضادة للحالة الاولى

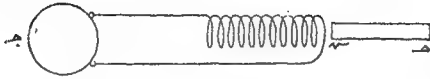


شكل (٢٨٠)

اعد التجربة بان تجعل المغناطيس يقرب او يبعد من السلك
بسرع مختلفة تجد على وجه العموم انه كلما زادت السرعة التي
يتحرك بها المغناطيس زاد انحراف الابرّة اى زاد مقدار التيار
في السلك

تجربة (٤٠)

ابدل السلك بملف وأعد التجربة السابقة كما في شكل (٢٨٠)



شكل (٢٨٠)

تلاحظ ان انحراف الجلفانومتر يكون اكثر من حالة السلك
المستقيم في التجربة السابقة

أعد التجارب السابقة باستعمال عدة مغناطيسات مختلفة تجد
انه كلما كان المغناطيس أقوى كان التيار الذي يمر في السلك اكبر
لأن انحراف الجلفانومتر يكون اكبر

في التجارب السابقة يمدن ان تثبت المغناطيس وتحرك السلك
يقرب من المغناطيس أو يبعد عنه

هذه التيارات التي توجد في السلك بتأثير مغناطيس يتحرك
بالقرب منه هي التي نسميها التيارات المستتجة بالتأثير

ملاحظة هامة - في جميع التجارب السابقة يجب لاحداث
التيار في السلك أو الملف احداث حركة المغناطيس المؤثر أو
السلك المتأثر بحيث اذا وضع المغناطيس في أي وضع وما وكذلك
السلك ولم يحرك احدهما بالنسبة الى الآخر لا يحدث مرور أي
تيار مطلقا وبعبارة وجيزة نقول ان وجود سلك في مجال مغناطيسي
بدون احداث حركة نسبية بين السلك والمجال لا يحدث أي تيار بالتأثير

ويمكن تلخيص نتائج التجارب السابقة فيما يأتي:
(أولا) اذا حركة مغناطيس بالقرب من سلك مر بهذا
السلك تيار كهربائي

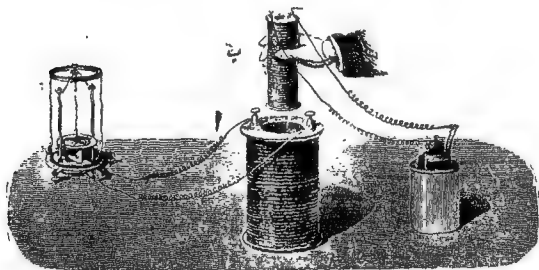
(ثانيا) عند ابعاد المغناطيس من السلك يمر التيار في السلك
في اتجاه ما وعند تقريبه يمر التيار في الاتجاه المضاد
(ثالثا) تزداد شدة التيار المنتج بالتأثير بزيادة السرعة لتحرك
المغناطيس أو السلك
(رابعا) تزداد شدة التيار أيضا بزيادة عدد لفات السلك
المستعمل أو قوة المغناطيس

بند (١٨٣) التيارات المنتجة من التيار الكهربائي

في التجارب السابقة كان المؤثر دائما مغناطيسا ولكن
يمكننا اعادة جميع هذه التجارب باستعمال ملف يحمل تيارا كهربائيا
بدلا من المغناطيس

تجربة (٤١)

خذ ملفا مثل ١ متصلا طرفاه بملفانومتر كما في شكل (٢٨١)



شكل (٢٨١)

ثم احضر ملفا آخر مثل ب يمر به تيار كهربائي من عمود ما كما في الشكل ثم قرب أحد الملفين من الآخر تجد أن ابرة الجلفانومتر تنحرف وهذا يدل على مرور تيار بالتأثير في الملف ا ب بعد الملفين تلاحظ انحراف الابرة في الاتجاه المضاد وتجد ايضا انه اذا لم يحرك احد الملفين لا يمر أي تيار مطلقا بالملف ا مع وجود التيار في الملف ب

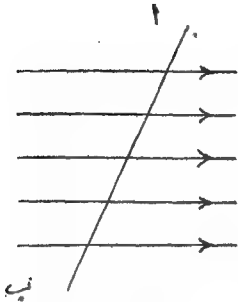
هذا يبين لنا أن الملف ب قد أثر على الملف ا كما لو كان الملف ب مغناطيسا

والحقيقة ان التيار الذي يمر بالملف ب يجعل هذا الملف مغناطيسيا له مجال كما اثبتنا في موضع آخر من الكتاب لهذا نستنتج ان مرور التيار المنتج بالتأثير في سلك ما متوقف على تحرك هذا السلك بالنسبة لمجال مغناطيسي سواء كان هذا المجال حادثا من مغناطيس أم من تيار آخر

ويمكن تفسير هذه الظاهرة الهامة بما يأتي : —

بما أن المجال المغناطيسي يحتوي على عدد من خطوط القوة المغناطيسية وبما ان تحرك السلك ا أو المجال يجعل السلك يقطع هذه الخطوط لذلك يمكننا ان نقول:

اذا قطع سلك موصل مثل ا ب عددا من خطوط القوة المغناطيسية كما في شكل (٢٨٢) حدث بين طرفي السلك ا ب قوة دافعة كهربائية تسمى القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بالتأثير بحيث اذا اكملت دائرة السلك مر في هذه الدائرة تيار يسمى أيضا التيار المنتج بالتأثير بسبب وجود هذه القوة الدافعة



شكل (٢٨٢)

بقى علينا ان نبين مقدار
واتجاه هذه القوة الدافعة

(أولاً) مقدار القوة
الدافعة الكهربائية الناتجة
بالتأثير يتوقف على مقدار
عدد خطوط القوة المغناطيسية
المقطوعة في كل ثانية لأننا
أثبتنا بالتجربة أن المقدار
يتعلق بقوة المغناطيس

أو التيار المؤثر ثم بمقدار السرعة التي تحرك المؤثر أو المتأثر ثم
بمقدار عدد لفات السلك

ولفهم ذلك جيداً نضرب المثال الآتي :

نفرض أن سلكاً لف على شكل دائرة مساحتها ٥٠ سم^٢
به ٢٠٠ لفة ووضع في مجال مغناطيسي به ١٠٠٠ خط في كل
سنتيمتر مربع

ونفرض بعد ذلك أن هذا المجال انعدم في $\frac{1}{10}$ ثانية فلا بد
أن يوجد لهذا الملف قوة دافعة كهربائية مقدارها يساوى مقدار
الخطوط التي قطعت في الثانية

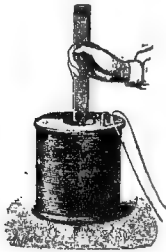
$$\frac{200 \times 1000 \times 50}{\frac{1}{10}} =$$

$\hat{10} =$ وحدة الكتر مغناطيسية من وحدات الجهد

$$= \frac{\hat{10}}{\hat{10}} = 1 \text{ فولت}$$

أى أن السلك يكون فيه قوة دافعة قدرها فولت واحد وإذا كانت مقاومته $\hat{10}$ أو هم مثلاً مر فيه تيار كهربائى قدره $\hat{10} =$ أمبير (ثانياً) — الاتجاه — بينا بالتجربة أن إبعاد المغناطيس أو التيار المؤثر يحدث في السلك تياراً في اتجاه مضاد للذى يمر فيه التيار في حالة التقريب

ومعنى ذلك أن زيادة شدة المجال تحدث تياراً في اتجاه معلوم وقتئذ تحدث تياراً في الاتجاه المضاد



وقد وضع (لنز) قاعدة الاتجاه هذه كما يأتي وهي المسماة بقاعدة (لنز للاتجاه) عند تحريك أى سلك في مجال مغناطيسى ليقطع خطوط القوة في هذا المجال يوجد بالسلك تيار كهربائى بالتأثير يقاوم هذه الحركة

في الشكل (٢٨٣) إذا فرضنا أننا

شكل (٢٨٣)

قربنا القطب الشمالى لمغناطيس ما من

الملف المبين بالشكل وجب أن يكون طرف الملف القريب من

المغناطيس قطبا شماليا أيضا لكي يقاوم هذا التقريب ولهذا يكون مرور التيار في الملف في اتجاه يجعل هذا الطرف قطبا شماليا

أما إذا أبعد القطب الشمالى للمغناطيس من الملف كان طرف الملف القريب منه قطبا جنوبيا لكي يمنع هذا الابعاد بقوة التجاذب بين القطبين ويكون مرور التيار في هذه الحالة بحيث يجعل هذا الطرف قطبا جنوبيا أي في الاتجاه المضاد لحالة التقريب

وعلى وجه العموم فإن هناك قصورا ذاتيا للمجموعة وهذا ما يجعلها تميل لحفظ الحالة التي هي عليها بحيث إذا أردنا تغيير هذه الحالة من التيار المنتج بالتأثير في اتجاه بحيث يقاومه تغيير هذه الحالة

القاعدة السابقة واضحة في حالة ملف من السلك أما في حالة سلك مستقيم فتحتاج الى شرح أكثر ولهذا نستعمل قاعدة فلبنج المسماة قاعدة اليد اليمنى وهي كما يأتي

تفرد أصابع اليد اليمنى كما في شكل (٢٨٤) بحيث يكون الإبهام والسبابة والوسطى متعامدة أحدها على كل من الآخرين

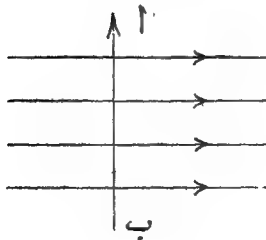
فإذا كان الإبهام في اتجاه الحركة والسبابة في اتجاه خطوط القوة المغناطيسية كانت الوسطى في اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بالتأثير شكل (٢٨٤)

وتطبيقا على ذلك نفرض كما في الشكل (٢٨٥) أن AB سلك عمودى على خطوط القوة المغناطيسية في مستوي الورقة أن

هذا السلك تحرك الى أعلى فان اتجاه القوة الدافعة المنتجة فيه بالتأثير
تكون في الاتجاه من ر الى ا



شكل (٢٨٤)



شكل (٢٨٥)

ويمكن الطالب نفسه ان يبرهن على ان هذا الاتجاه للتيار من ب الى ا في هذه الحالة يجعل تحريك السلك الى اعلى في هذا المجال محتاجا الى قوة تقاوم المجال المغناطيسي الذي فيه هذا السلك

بند (١٨٤) الاستنتاج المتبادل

نفرض ان ا و ب ملفان من السلك موضوعان احدهما بالقرب من الآخر

فنعلم مما تقدم انه اذا كان احدهما يحمل تيارا كهربائيا ثابت المقدار فلا يمكن ان يحدث في الثانى اى تيار منتج بالتأثير وذلك لان المجال المغناطيسى الحادث من التيار الثابت المقدار يكون ايضا ثابتا ولا يمكن ان يحدث اى تيار بالتأثير من ذلك

ولكن اذا فرضنا ان احدهما وليكن ا مثلا يحمل تيارا متغير المقدار فيكون المجال الناشئ من هذا التيار متغيرا ايضا وهذا التغير في مقدار المجال يسبب وجود تيار منتج بالتأثير في الملف الثانى ب بالنظرية السابقة

لذلك اذا كان التيار المتغير يمر بالملف الثانى ب فان التيار المنتج بالتأثير يمر في (ا)

لهذا يقال ان هناك استنتاجا متبادلا بين الملفين (ا و ب)

فلاستنتاج المتبادل إذن نتيجة تأثير ملفين او سلكين احدهما على الآخر وينشأ من تغير مقدار التيار في احدهما نضرب الامثلة الآتية على ذلك :

نفرض ان طرفي الملف (ا) وصلا ببطارية فعند ذلك يمر

تيار بهذا الملف (١) ويوجد في الوقت نفسه تيار منتج بالتأثير في (ب) ويكون زمن مرور هذا التيار الاخير في (ب) هو زمن زيادة التيار في (١) من الصفر الى مقداره النهائي حتى اذا ما وصل مقدار التيار في (١) الى مقدار ثابت وقف مرور التيار في (ب) كلية نفرض بعد ذلك ان التيار في الملف (١) قد قطع فينتج من ذلك مرور تيار منتج بالتأثير في (ب) يكون زمن مروره هو نفس الزمن الذي اخذه التيار في (١) لكي ينعدم وفي هذه الحالة الثانية يكون اتجاه مرور التيار في (ب) بالتأثير مضادا لاتجاهه في الحالة الاولى

بند (١٨٥) الاستنتاج النفسى

يمكن حدوث تيار منتج بالتأثير في ملف او سلك واحد نفرض ان (١) ملف يمر به تيار معلوم من بطارية فاذا انقطع هذا التيار محامعه المجال الحادث منه وبما ان خطوط القوة المغناطيسية التي كانت في هذا المجال تكون قد قطعت لفات هذا الملف لذلك نجد انه يحدث في الملف (١) تيار منتج بالتأثير نتيجة انعدام المجال الذى كونه نفس التيار وفي هذه الحالة اى حالة قطع التيار الاصلى يكون التيار المنتج بالتأثير في نفس الاتجاه الذى كان يمر فيه التيار الاصلى ويسمى بالتيار الاضافى

اذن نعرف التيار الاضافى فى الاستنتاج بانه التيار الذى

ينتج بالتأثير في ملف ينقطع فيه مرور التيار ويكون هذا التيار
الاضافي في اتجاه التيار الاصلى
من هذا يمكن ان نفسر لماذا عند فتح الدوائر الكهربائية
التي تحتوى على اسلاك كثيرة او ملفات عديدة نلاحظ حدوث
شرر عند نقطة فتح الدائرة
لان هذا الشرر هو نتيجة مرور التيار الاضافي بعد قطع التيار
الاصلى

وزيادة على ذلك فان هذا التيار الاضافي قد يحدث قوة دافعة
كهربائية منتجة بالتأثير تكون اكبر من القوة الدافعة الاصلية
في الدائرة عدة مرات

ويمكن مشاهدة هذه الشرارة في الجرس الكهربائى عند نقطة
اتصال وقطع التيار وكذلك نشاهدها عند فتح دائرة التنبيه
(الملفات المحدثة للمغناطيسية) فى الدينامو

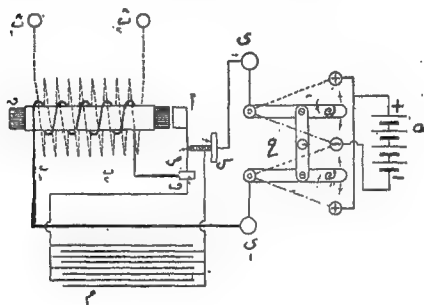
هذا اذا قطع التيار فى دائرة بها ملف اما اذا مر تيار فى الدائرة
فان مرور هذا التيار يوجد مجالا مغناطيسيا تقطع خطوط القوة
له لفات الملف فيحدث تيار منتج بالتأثير اتجاهه يضاد اتجاه التيار
الاصلى واذا كان الملف مكونا من لفات كثيرة فان هذا التيار المنتج
المضاد يجعل التيار الاصلى لا يصل الى مقداره النهائى الا بعد
زمن محسوس

ولكل من الاستنتاج المتبادل والاستنتاج النفسى قواعد
حسابية ترك البحث فيها الى الجزء الثانى من هذا الكتاب

بند (١٨٦) تطبيقات على نظرية التيار المنتج بالتأثير

ملف رمكورف :-

هو تطبيق عملي للاستنتاج ويستعمل كثيرا في الحياة العملية فلورجنا لشكل (٢٨٦) نري أن قطع او قفل الدائرة بسرعة



شكل (٢٨٦)

يولد تيارات مستنتجة متقطعة بكل من الملفين وكلما زاد عدد اللفات زادت القوة الدافعة الكهربائية المستنتجة ومن هذا تتأسس نظرية ملف رمكورف ويتركب من قلب من الحديد (ب) مصنوع من جملة أسلاك من الحديد المطاوع لسهولة مغطسته أو فقدها وملفوف عليه ملف ابتدائي عدد لفاته قليلة من سلك غليظ ونهايته (ب_١) (ب_٢) وملف آخر ثانوي نهايته (ب_٣) (ب_٤) عدد لفاته كثيرة وسلكه رفيع دقيق

٦ (١) عبارة عن قطعة حديدية متصلة بياي مثبت عند (ف) ويتصل بالمسار المحوى (س) وعند (ص) بقطعة بلاتينية فأنتها جعل الاتصال جيدا وتحمل الشرارة التى تحدث عند قطع سير التيار فى الملف الابتدائى

٦ (ى) ٦ (ي) هما طرفان متصلان بالبطارية (ط) بواسطة مفتاح توصيل (ح) ذى طريقين لعكس اتجاه التيار فى الملف الابتدائى عند الإدارة

والمفتاح يتركب كما فى الشكل من ذراعى اتصال (ك) ٦ (ل) و القطب السالب للبطارية متصل بنقطة الوسط للمفتاح بينما القطب الموجب لها متصل بالطرفين الخارجين له

وفى الوضع المبين بالشكل للمفتاح لا يمر اى تيار بالملف الابتدائى فاذا قفلت الدائرة بان مر التيار فى الملف الابتدائى يتمغطس القاب (ن) ويجذب القطعة (١) اليه وينقطع سير التيار عند (ص) فيفقد القلب مغناطيسيته فترتد القطعة (١) الى موضعها الاول بتأثير الياى ويحصل الاتصال عند النقطة ص

فيمر التيار من جديد ويتمغطس القلب ويجذب القطعة (١) وينقطع سير التيار فيفقد القلب مغناطيسيته وترتد القطعة (١) الى موضعها الاول ويحصل الاتصال ويمر التيار من جديد وهكذا وتكرر هذه العملية بسرعة لان زمن القطع قصير جدا ونحصل بذلك على دورة توصيل وقطع للتيار فى الملف الابتدائى وهذا يولد مجالا مغناطيسيا متغيرا يقطع خطوط القوة

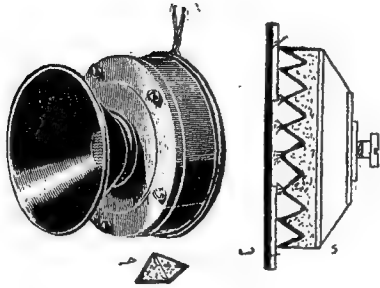
فيه أسلاك الملف الثانوي فيولد قوة دافعة كهربائية عظيمة به تحدث شرارة تقفز عدة سنتيمترات حسب قوة الجهاز اذا قرب طرفاه
ث ٦ ث ٧ ث ٨ ث ٩ ث ١٠ ث ١١ ث ١٢ ث ١٣ ث ١٤ ث ١٥ ث ١٦ ث ١٧ ث ١٨ ث ١٩ ث ٢٠ ث ٢١ ث ٢٢ ث ٢٣ ث ٢٤ ث ٢٥ ث ٢٦ ث ٢٧ ث ٢٨ ث ٢٩ ث ٣٠ ث ٣١ ث ٣٢ ث ٣٣ ث ٣٤ ث ٣٥ ث ٣٦ ث ٣٧ ث ٣٨ ث ٣٩ ث ٤٠ ث ٤١ ث ٤٢ ث ٤٣ ث ٤٤ ث ٤٥ ث ٤٦ ث ٤٧ ث ٤٨ ث ٤٩ ث ٥٠ ث ٥١ ث ٥٢ ث ٥٣ ث ٥٤ ث ٥٥ ث ٥٦ ث ٥٧ ث ٥٨ ث ٥٩ ث ٦٠ ث ٦١ ث ٦٢ ث ٦٣ ث ٦٤ ث ٦٥ ث ٦٦ ث ٦٧ ث ٦٨ ث ٦٩ ث ٧٠ ث ٧١ ث ٧٢ ث ٧٣ ث ٧٤ ث ٧٥ ث ٧٦ ث ٧٧ ث ٧٨ ث ٧٩ ث ٨٠ ث ٨١ ث ٨٢ ث ٨٣ ث ٨٤ ث ٨٥ ث ٨٦ ث ٨٧ ث ٨٨ ث ٨٩ ث ٩٠ ث ٩١ ث ٩٢ ث ٩٣ ث ٩٤ ث ٩٥ ث ٩٦ ث ٩٧ ث ٩٨ ث ٩٩ ث ١٠٠ ث

هذا وقد أمكن تحسين التأثير بتوصيل مكثف م بين مسبار القلاووظ س وبين الياى المتصل بالقطعة (٢) فائدته مساعدة تيار البطارية للتغلب على استنتاج الملف بأسرع ما يمكن عند عمل الدائرة وأيضا لتقليل الشرارة في نقطة الاتصال (ص) عندما ينقطع سير التيار

ويستعمل ملف رمكورف بكثرة في المعامل الكهربائية الداسية وفي الطب وكذلك في محطات آلات الغاز وفي بعض معامل الكيمياء للتفاعل الكيماوى وخلافه

بند (١٨٧) التلفون الكهربائى

- يتركب التلفون بوجه عام من اجزاء رئيسية ثلاثة هي :
- (١) المرسل وهو الذي يتكلم فيه الانسان لينقل الصوت الى السامع
 - (٢) المستقبل وهو الذى يضعه الانسان على اذنه ليسمع المتكلم
 - (٣) الاسلاك الموصلة بين المرسل والمستقبل
- وأحدث انواع المرسل يتركب مما يأتى :
- قمح مخروطى الشكل (١) مصنوع من المعدن او الالبونيت أو مركب آخر يشابه ذلك يسد وسطه الدائرى بحاجز رفيع من الكربون



شكل (٢٨٧)

(ب) مورنش سطحه الخارجى لمنع تعلق بخار الجو عليه وخلفه كرات عدة صغيرة من الكربون محفوظة من السقوط بواسطة لوح من الكربون مجزأ سطحه الأمامى بعده اشكال هرمية الشكل

وهذه مقفل عليها بصندوق (و) كما فى شكل (٢٨٧)

والأسلاك التى توصل بين هذا المرسل والمستقبل يمر فيها تيار كهربائى من بطارية بحيث يمر هذا التيار من كرات الكربون الصغيرة

فإذا ماتكلم شخص فى القمع المخروطى حدث من صوته اهتزازات أمام القمع فى الهواء واهتزازات الهواء تؤثر على الصفائح المعدنية التى أمام الكرات الكربونية فتهتز هذه الصفائح معيدة اهتزازات الهواء الذى أمامها

ولكن هذه الاهتزازات في الصفيحة تضغط على الكرات
ضغوطا مختلفة تناسب مع شدة الصوت ومن خاصية هذه الكرات
ان مقاومتها لمرور التيار الكهربائي تختلف بمقدار الضغط الواقع
عليها فتصبح مقاومتها اقل اذا زاد الضغط عليها واكثر اذا قل الضغط
لذلك تكون نتيجة اهتزاز الصفيحة تغيرا في مقاومة الكرات
وبما ان هذه الكرات في دائرة التيار الكهربائي لذلك يقل
ويكبر مقدار التيار المار في السلوك بين المستقبل والمرسل تبعا
لاهتزازات الصوت تماما ويؤثر هذا التيار في المستقبل بالكيفية
الآتية :



شكل (٢٨٨)

يتركب المستقبل من قضيب من المغناطيس الثابت امام صفيحة
رفيعة من المعدن مثل التي في المرسل مصنوعة من الحديد لكي
تكون منجذبة الى القطب الذي امامها من المغناطيس بمقدار
يتعلق بشدة قطب هذا المغناطيس

ويلف السلك الواصل بين المرسل والمستقبل على هذا
القضيب كما في شكل (٢٨٨) وقد قلنا ان هذا السلك يحمل تيار



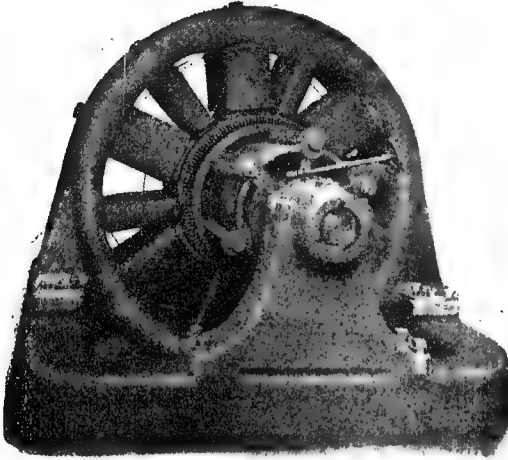
شكل (٢٨٨) مكرر

من بطارية ويعمل اتجاه لف هذا السلك لكي يساعد على تقوية المغناطيس الثابت فإذا كان مقدار هذا التيار في الملف حول المغناطيس مقداراً ثابتاً كانت قوة الجذب على الصفيحة ثابتة فلا تتحرك هذه الصفيحة ولكننا قلنا إن هذا التيار المار من البطارية تزداد شدته أو تقل حسب اهتزاز صفيحة المرسل بتأثير الاهتزازات الصوتية لذلك يقل الجذب أو يزداد على صفيحة المستقبل بالنسبة لتغير شدة التيار فتتهز صفيحة المستقبل بنفس الكيفية التي

تهتز بها صفيحة المرسل فتحدث نفس الصوت الذي حدث من التكلم وأما الجزء الثالث من الجهاز فهو الأسلاك الموصلة التي تحمل التيار من بطارية توضع في أي مكان بين المرسل والمستقبل أو عند موضع أحدهما وهذه الأسلاك هي التي توصل بين المرسل والمستقبل وشكل (٢٨٩) يبين المجموعة كاملة



شكل (٢٨٩)



شكل (٢٩٠)

بند (١٨٨) الدينامو أو المولد

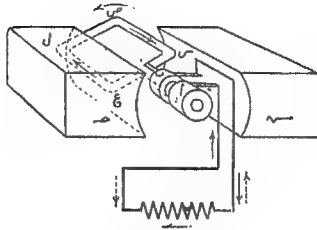
يتركب الدينامو من جزئين رئيسيين هما المنتج أو (عضو الاستنتاج) والمنبه أو (عضو التنبيه) فالمنتج هو الجزء المحتوي على الأسلاك النحاسية التي عند دورانها أمام الجزء الثاني (المنبه) تقطع خطوط القوة المغناطيسية لمجال المنبه فيحدث فيها قوة دافعة كهربائية بالتأثير تسمى القوة الدافعة للدينامو

وتركيب المنتج وطريقة لف السلوك عليه من محتويات الجزء
الثانى من هذا الكتاب إلا أننا نذكر هنا أنه يتركب من أسطوانة
من الحديد مركبة من أقراص عديدة رفيعة معزولة فوق بعضها
يعمل على سطحها عدة حفر توازى محورها ويوضع فى هذه الحفر
الاسلاك التى يتولد فيها القوة الدافعة المذكورة

وتدور هذه الأسطوانة بسرعة حول محورها بما عليها من
الاسلاك أمام المنبه

وهذا المنبه يحتوى على قطعة من الحديد لها أشكال مختلفة
يبرز منها من الداخل عدة أقطاب مغناطيسية يدور المنتج أمامها
وهذه الأقطاب عددها زوجى دائماً وهى شمالية وجنوبية
على التوالى ومغناطيسية هذه الأقطاب قد تكون ثابتة فى بعض
الآلات الصغيرة

إلا أنه فى جميع الآلات الكبيرة تمغطس بواسطة تيار قوى
من منبع مستقل أو من نفس التيار الذى يحدثه الدينامو
ويسمى النوع الأخير من الدينامو بالنوع ذى التنبيه النفسى
ولكى نفهم طريقة عمل الدينامو نفرض أن المنتج يتركب
من سلك واحد على شكل مستطيل شكل (٢٩١) طرفاه a و b
يدور حول محور أفقى بين القطبين ش m كما فى الشكل
فيكون اتجاه خطوط القوة المغناطيسية من ش الى m



شكل (٢٩١)

واذا فرضنا أن دوران السلك بحيث يتحرك جزؤه الأيمن إلى أعلى وجزؤه الأيسر إلى أسفل أى في اتجاه ضد عقارب الساعة فنعلم بتطبيق قاعدة اليد اليمنى لفلنج ان التيارات في الطرفين الأيمن س من س يكون في الاتجاه من ص إلى س والطرف الأيسر ع ل من ع إلى ل وهذان الاتجاهان اتجاه واحد بالنسبة لدائرة السلك أى ان التيار يمر في هذا السلك من ١ إلى ع إلى ل إلى ص إلى س إلى ب

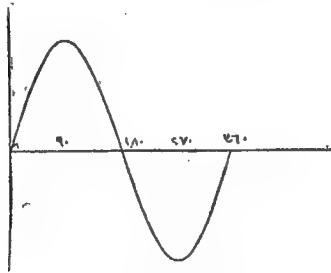
فالطرف ١ هو الذي يدخل منه التيار في السلك والطرف ب هو الذي يخرج منه التيار في السلك ولذلك نسمى ب الطرف الموجب و ١ السالب للدynamo

ففي الموضع الذي فيه يكون الملف أفقياً يتولد في الملف أكبر قوة دافعة لانه في هذا الوضع يقطع السلك س ص و ع ل خطوط القوة المغناطيسية في اتجاه عمودى عليها ولكن

بعد ٩٠° من الدوران يصبح مستوى الملف مستوى رأسيا وتكون حركة س ص و ع ل في هذه الحالة موازية لخطوط القوة المغناطيسية فتكون القوة الدافعة صفرا

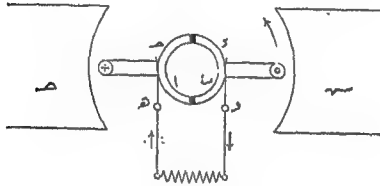
وبعد ٩٠° أخرى من الدوران تصل القوة الدافعة الى نهاية عظمى ثانيا ولكن اتجاهها ينعكس ويمكن الطالب ان يثبت ذلك بطريقة اليد اليمنى ثانيا وبعد ٩٠° ثالثة تصبح القوة الدافعة صفرا واخير بعد ٩٠° رابعة يصل الى وضعه الاصلى الذي قلنا ان القوة الدافعة فيه تصبح نهاية عظمى

من هذا نرى ان القوة الدافعة الكهربائية المنتجة في الملف تتغير في الدورة الكاملة من نهاية عظمى الى صفر ثم الى نهاية عظمى في الاتجاه المضاد الى الصفر ثم الى النهاية العظمى الاولى ولورسم شكل يبين هذه التغيرات بالنسبة لزوايا الدوران في الدورة الكاملة لتج الشكل (٢٩٢)



شكل (٢٩٢)

من هذا نرى ان القوة الدافعة او التيار الممكن الحصول عليه من الدينامو بهذه الطريقة البسيطة تيار منعكس في كل درجة فاذا دار المنتج ٣٠٠ دورة في الدقيقة انعكس التيار ٣٠٠ مرة في الدقيقة
ولكننا يمكننا ان نجعل هذا التيار المنعكس في الدينامو تيارا مستمرا في جهة واحدة خارج الدينامو وذلك كما يأتي



شكل (٢٩٣)

تثبت على محور الدوران للمنتج اسطوانة نحاسية هـ و بحيث تكون معزولة عن هذا المحور و بحيث تكون هذه الاسطوانة منقسمة الى قسمين متساويين بطول محورها هما ب و و توصل احد طرفي الملف ا في المنتج بالنصف هـ والطرف الثاني (ب) بالنصف الثاني و

و تثبت على النصفين هـ و للاسطوانة النحاسية موصلين و و يسميان فرش الدينامو و يتصل بهذه الفرش الثابتة الموصلان للذنان يأخذان التيار من الدينامو الى الدائرة الخارجية

فعند دوران المنتج يدور الطرفان a و b ويدور معها نصف الاسطوانة النحاسية c و d وينعكس التيار في c و d مرة في كل دورة

ولكن الفرش e و f ثابتة ولذلك تكون الفرشة e متصلة بالنصف c اثناء نصف دورة كاملة ومتصلة بالنصف d اثناء نصف الدورة الثاني

وبعبارة اخري فان الفرشة e مثلاً تكون متصلة بالنصف c لمدة نصف دورة وبالنصف d لمدة النصف الثاني من الدورة كذلك نجد ان التيار عند ما ينعكس في داخل الدينامو ينعكس اتصاله ايضا بالدائرة الخارجية فيصبح اتجاهه في الدائرة الخارجية دائماً في

اتجاه واحد شكل (٢٩٤)

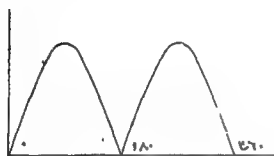
وتسمى الاسطوانة

c و d العاكس او عضو

التوحيد وفائدته جعل

التيار في اتجاه واحد في

الدائرة الخارجية وعضو



شكل (٢٩٤)

التوحيد الحقيقي في الدينامو يتركب من عدة اجزاء كبيرة يفصلها مادة عازلة وذلك لان الدينامو الحقيقي يحتوي على عدة اسلاك لا على سلك واحد كما قدمنا ولكن النظرية التي شرحناها تكفي لفهم ذلك

بند (١٨٩) قلنا إن القوة الدافعة الكهربائية المنتجة بالتأثير
تقدر بعدد خطوط القوة المغناطيسية التي تقطع في كل ثانية
ولهذا يتبين لنا أنه للحصول على دينامو يولد قوة دافعة كهربائية
عظيمة يمكننا أن نعمل ما يأتى : —

أولا — نجعل المجال المغناطيسى للنسبة قويا
ثانيا — نجعل الاسلاك على المنتج عددا كبيرا
ثالثا — نجعل سرعة الدوران عظيمة
وزيادة على ذلك فإن طول الاسلاك أو بعبارة أخرى طول
أسطوانة المنتج يزيد مقدار هذه القوة الدافعة
وعلى ذلك فإن مقدار القدرة التى نحصل عليها من الدينامو
ليست متعلقة فقط بمقدار قوته الدافعة بل بمقدار التيار أيضا
وبما أن زيادة مقدار التيار تستدعى استعمال أسلاك أكبر فى
فى الدينامو لذلك نجد أن زيادة قدرة الدينامو تحتاج الى زيادة
مقدار إبعاده

وهذا يبين لنا أن الدينامو الأكبر قدرة يكون حجمه أكبر
على وجه العموم الا اذا زادت السرعة المستعملة زيادة كبيرة فمثلا
فى الدينامو الذي يدار بواسطة الطوربين ذى السرعة العظيمة
نجد أننا نحتاج الى حجم أقل من الدينامو الذي يدار بسرعة عادية
بواسطة محركات أخرى اذا تساوت القدرة فى كل منهما

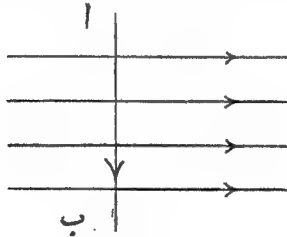
يستمد الدينامو قوته من المحرك الذى يدير المنتج وقد يكون المنتج ثابتا والمنبه هو المتحرك والنتيجة واحدة فى الحالتين وهى أن أسلاك المنتج تقطع مجال المنبه فتتواجد القوة الدافعة الكهربية المطلوبة

بند (١٩٠) نظرية الموتور الكهربائى

قلنا إن الدينامو جهاز به يمكن تحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية فندير الدينامو بواسطة آلة بخارية او زيت او خلافة فنحصل منه على تيار كهربائى
اما فى الموتور أو المحرك الكهربائى فانتاحول الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية أى ان عمله عكس عمل الدينامو
وعلى وجه العموم يكون تركيب الموتور الكهربائى هو نفس تركيب الدينامو الا فى احوال خاصة نترك البحث فيها الآن
فاذا فرضنا أن U طرفا احد اسلاك الدينامو كما فى الشكل السابق (٢٩١) ثم وصلنا U ب بطر فى دائرة كهربائية يتولد فيها تيار كهربائى فان السلك U يدير بين القطبين S و N ولكن فى اتجاه يصاد الاتجاه الذى يدور فيه الدينامو

ومعنى ذلك انه اذا كانت الفرشة (هـ) موجبة و U الفرشة (و) سالبة عندما نشغل الجهاز دينامو ثم اردنا عمله محركا ووصلنا التيار الخارجى بحيث تكون الفرشة (هـ) متصلة بالقطب الموجب والفرشة (و) بالقطب السالب فان المحرك يدور فى اتجاه عقارب الساعة

وتبنى نظرية الموتور على ما يأتي :-
 نفرض ان AB سلك يحمل تيارا كهربائيا من A الى B
 وضع في مجال المغناطيسي ليكون عموديا على خطوط القوة
 المغناطيسية كما في شكل (٢٩٥)
 فان هذا السلك لا بد ان يتحرك بسبب وجود مجالين هما
 المجال الاصلى والمجال الذى أحدثه تيار السلك
 ولمعرفة الاتجاه الذى يتحرك فيه السلك نستعمل اليد اليسرى
 كما استعملنا قاعدة اليد اليمنى للدينامو وبنفس الترتيب المذكور



شكل (٢٩٥)

هناك اي ان ابهام اليد اليسرى يشير الى اتجاه الحركة والسبابة
 اتجاه المجال المؤثر والوسطى اتجاه التيار فنجد في الحالة المبينة في
 الشكل السابق ان السلك يرتفع الى أعلى

وواضح مما تقدم أننا في حالة الدينامو نفرض أن السلك يتحرك في المجال فيحدث فيه تيار أما في حالة الموتور فنفرض أن السلك يحمل تيارا فتؤثر عليه قوة تحركه وفي الحالة الأولى نستعمل اليد اليمنى لمعرفة اتجاه التيار في السلك أما في الحالة الثانية فنستعمل اليد اليسرى لمعرفة اتجاه الحركة

ولا ننسى أن حركة السلك في حالة الموتور توجد في هذا السلك قوة دافعة منتجة بالتأثير اتجاهها يقاوم اتجاه التيار الأصلي الذي سبب حركة السلك ولكن مقدار القوة الدافعة التي تنتج بالتأثير يكون دائما أقل من القوة الدافعة التي ترسل التيار الأصلي المستعمل لإدارة الموتور

فمثلا في الموتور الذي يدور بوضع جهد على طرفيه قدره ١٠٠ فولت قد يوجد فيه قوة دافعة منتجة بالتأثير ناشئة من دورانه قدرها ٩٠ فولت فيكون الباقي وهو ١٠ فولت هو الذي يرسل التيار في الموتور وإذا كانت مقاومة دائرة الموتور $\frac{1}{4}$ أو هم مثلا مر به تيار قدره $\frac{1}{4}$ = ٢٠ أمبير

هذه القوة الدافعة التي قدرها ٩٠ فولت والتي نشأت من الدوران تسمى القوة الدافعة المضادة وقد ذكرنا مثلتها فيما سبق في التحليل الكهربائي للتيار

لهذا نجد أننا إذا وضعنا الجهد ١٠٠ فولت مباشرة على طرفي الموتور قبل أن يبتدئ في الدوران وقبل أن توجد القوة الدافعة

المضادة فإن مقدار التيار الذى يمر به فى هذه اللحظة الاولى قبل الدوران $\frac{1}{4} = 200$ امبير بفرض ان المقاومة $= 4$ أوهم كما قدمنا

وهذا التيار عشرة أمثال التيار السابق الذى يأخذه الموتور اذا سمح له بالدوران لاحداث القوة الدافعة المضادة وقد ينشأ عن وجود هذا التيار العظيم احتراق او تلف فى اسلاك الموتور لهذا نجد دائماً ان الموتور له جهاز خاص يسمى بادى الحركة وهو عبارة عن مقاومة تستعمل بالتوالى مع الموتور لىكن يوضع على الموتور جزء فقط من الجهد الذى سيوضع عليه نهائياً الدورانه وذلك لىكن نمكن الموتور من الابتداء فى الدوران واحداث القوة الدافعة المضادة قبل وضع الجهد الكلى عليه ونترك باقى هذا الموضوع لحينه فى الجزء الثانى

القوة المؤثرة على السلك الذى يحمل التيار الموضوع فى مجال مغناطيسى تقدر بحاصل ضرب مقدار التيار فى طول السلك فى شدة المجال فاذا فرض ان التيار $= 2$ امبير وطول السلك لسم وشدة المجال $= 10$ ش خطا فى السنتيمتر المربع ينتج ان

$$2 \times \frac{10}{100} \times 2 = 0.4 \text{ دايـن}$$

لأن كل عشرة أمبير $=$ وحدة من التيار الالكترى ومغناطيسى

الباب الثالث عشر

الواح التوزيع

بند (١٩١) الواح التوزيع : — تستعمل الواح التوزيع في المحطات الكهربائية الرئيسية التي تحتوى على عدد من المولدات (ديناموات) وأيضا في المحطات المساعدة الصغيرة وتصنع هذه الألواح إما من الرخام المصقول أو من حجر الاردواز اللامع والغرض منها وضع مفاتيح ومصهرات وأجهزة قياس الشدة والضغط والقدرة والمقاومات المتغيرة لملفات مغناطيس هذه المولدات عليها وأيضا مفاتيح ومصهرات وأجهزة قياس الشدة والضغط والقدرة للدوائر المتفرعة من هذه المحطة وتكون اذن هذه الألواح هى الحاكمة فى الحقيقة للمحطة ويكون العامل الذى يشتغل على هذه الألواح هو فى الحقيقة المسيطر على تيارات المحطة ودوائرها الخارجية

وتوضع هذه الألواح فى المحطة فى أكمة مناسبة يسهل الوصول والسير حولها لرؤية التوصيلات الخلفية لجميع دوائرها بحيث يمكن تصليحها إذا حصل بها أى خلل

فإذا كانت السلوك العمومية المركبة على هذه الألواح التى يمر بها

التيار الكهر بائي المتولد من الديناموات والتي يتفرع منها الى الدوائر الخارجية غير معزولة وهي في العادة تكون كذلك وعلى هيئة خوص سميكة من النحاس يجب أن تبعد عن بعضها بمسافة كافية لمنع حدوث القصر وهذه المسافة تختلف ولا تقل هذه المسافة عن $\frac{1}{4}$ بوصة اذا كان فرق الجهد ١٢٥ فولت أو ١٥٠ اذا كان ٢٥٠ فولت

وحيث ان الواح التوزيع هذه تبين التوصيلات التي عملت للحصول على مراقبة سهلة للدوائر الكهربية سواء كانت للمولدات او المتفرعة الخارجية للحمل فانها أيضا تستعمل في مباشرة توصيل هذه المولدات بالتوازي مع بعضها لجمع تياراتها الى الحمل الخارجى وسنذكر هذا بالتفصيل وسنقتصر في هذا الباب على شرح محتويات هذه الألواح

تحتوي هذه الألواح على الاجزاء الرئيسية الآتية : —

(١) المفاتيح (٢) اجهزة القياس (٣) قاطع الدائرة (٤) المقاومات وقد تحتوي في بعض الاحيان على أجهزة أخرى ثانوية غير ضرورية

وقبل تصميم ووضع هذه الألواح يرسم بدقة موضع الدوائر المتصلة اليها والمتفرعة منها حتى يعرف عدد المفاتيح وأجهزة القياس وقاطع الدائرة والمقاومات المطلوب تركيبها عليها

وأيضاً يلزم معرفة خواص المولدات المتصلة إليها كي يمكن معرفة حجم الرخام أو الأرذواز المطلوب لها

وعند تثبيت الاجهزة على هذه الألواح بواسطة المسامير يجب ان يراعى ان الرخام أو الأرذواز يحتاج لدقة عظيمة في عمل الثقوب اللازمة

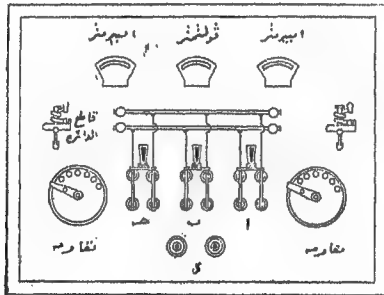
ووضع لكل دائرة متصلة بهذه الألواح مفتاح توصيل عمومي يحكم سير التيار من المولد الى هذه الدائرة وتصل هذه الدائرة بواسطة مصهرات وقاطع الدائرة الاثوماتيكي الذي يتركب من سلك مقطع المستعرض كبير ملفوف على هيئة ملف يمر به جميع تيار الدائرة وهذا الملف يجذب قلباً من الحديد امامه مشدوداً بواسطة زنبرك

ويصمم هذا الجهاز بحيث يكون مقدار الجذب الحادث للقلب من تأثير مغناطيسية الملف متعادلاً مع مقدار الشد الحادث من الزنبرك اذا كانت شدة التيار المارة هي المطلوبة للحمل فاذا زادت هذه الشدة لأشئ سبب كان كحدوث القصر الذي يتسبب منه تلف اجهزة الدائرة الكهربائية يزداد مقدار الجذب المغناطيسى على القلب الذي يتغلب على مقاومة الزنبرك فيؤثر على رافعة ذات سقاطة من شأنها فتح المفتاح مباشرة ومنع سير التيار في الدائرة

أما المقاومات فتوضع بالتوالى فى دوائر ملفات مغناطيسية المولدات وحيث أن ملفات مغناطيسية هذه المولدات تتنبه غالبا من تياراتها فيكون فعل هذه المقاومات هى زيادة أو تقليل مغناطيسية هذه المولدات وذلك بتقليل أو زيادة المقاومة الموضوعه فى دوائرها

وحيث أن ضغط التيار المتولد بآلة الدينامو يتعلق على مغناطيسية هذه الآلة فإذا ازدادت مغناطيسية هذه الآلة ازداد ضغطها والعكس بالعكس

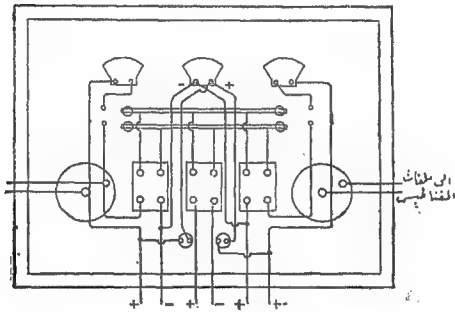
وتكون هذه المقاومات فى الحقيقة المنظمة لضغوط المولدات وشكل (١٢٩٦) يبين المنظر الأمامى للوحة توزيع مولدين



شكل (١٢٩٦ - ١)

مركب عليها مفتاح ومقاومة منظمة وقاطع الدائرة وأمبير متر لكل

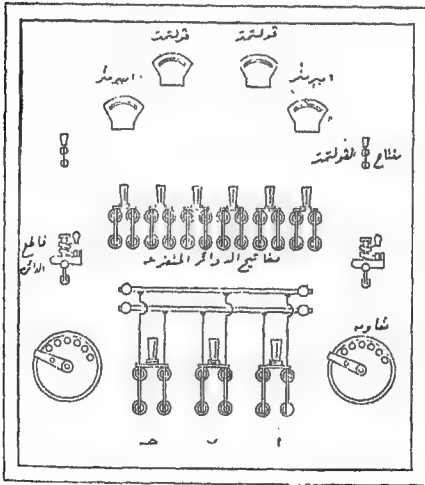
مولد وفولت متر واحد ذي دأرتين بالتوازي على طرفي دائرة المولد
(١) و المولد (ح) يستعمل ليسجل ضغط أى منها وأيضا مفتاح
توصيل عمومي (ب) لدائرة الحمل
وشكل (٢٩٦ ب) يبين المنظر الخلفى للوحة التوزيع هذه
ومنه نرى كيفية توصيل هذه الاجهزة بدائرة كل مولد



(شكل ٢٩٦ ب)

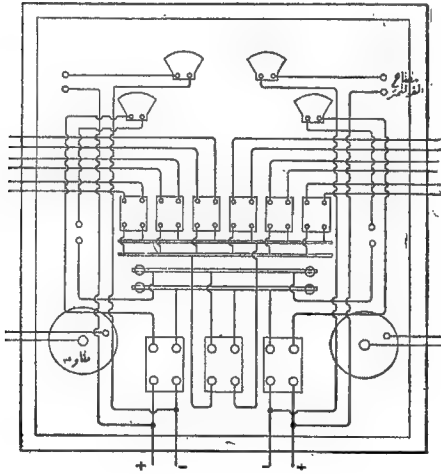
فمثلا دائرة المولد (١) تتصل بالأميتر فقاطع الدائرة
فالمفتاح فالسلكين العموميين ومتصل بالتوازي معها دائرة الفولت متر
وكذلك دائرة المولد الثاني (ج)
ومن السلكين العموميين تتفرع دائرة الحمل المحكومة بواسطة
مفتاح آخر (ب)

وأما المقاومة فتتصل بدائرة ملفات مغناطيس المولد
 وشكل (١٢٩٧) يبين المنظر الامامى للوحة توزيع مولدين
 متفرع منها ستة دوائر حل ولكل دائرة من هذه مفاتيح خاص
 بها ويلاحظ من الشكل أنه يوجد لكل مولد مفاتيح ومقاومة
 منظمة وقاطع الدائرة وأمبير متر وفولت متر



شكل (١٢٩٧)

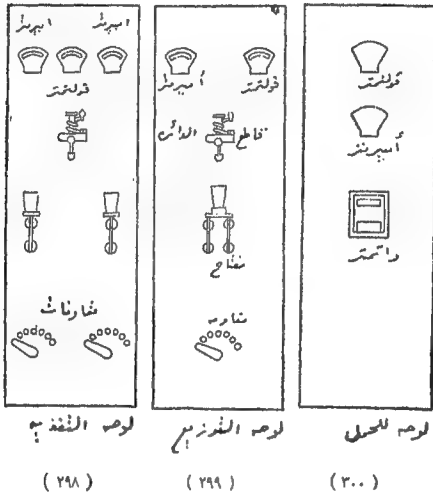
ويوجد ايضا مفتاح توصيل عمومى ليوصل تيار السلكين
العموميين اللذين يتصل بهما تيار المولدين بسلكين عموميين آخرين
لتتفرغ منهما دوائر الحمل
وشكل (٢٩٧ ب) يبين التوصيلات الخلفية لدوائر الحمل
والمولدات



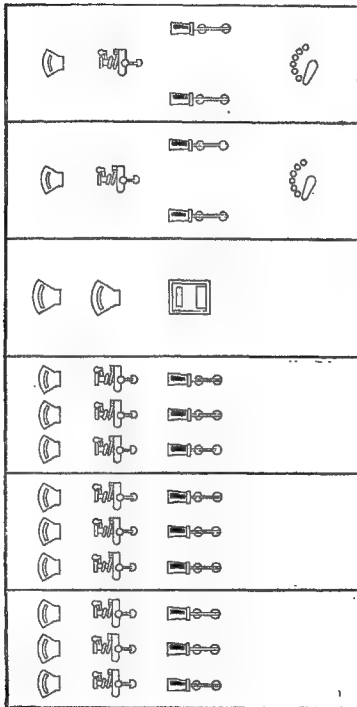
شكل (٢٩٧ ب)

ويلاحظ أنه يوجد دائما سلكان عموميان ولكن في أحوال

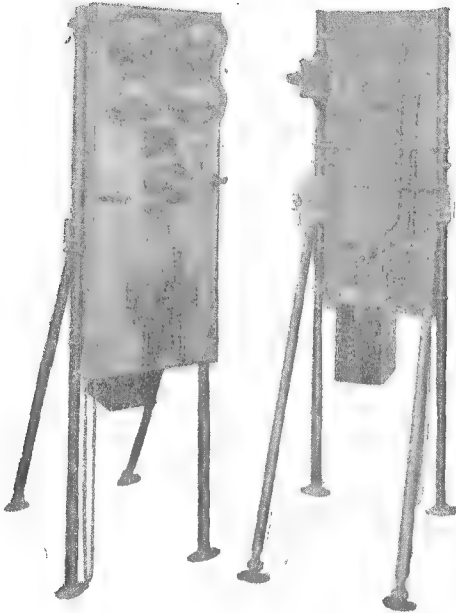
أخرى يوجد ثلاثة سلوك عمومية منها سلك التعادل كحالة التوزيع بثلاثة سلوك أو حالة ما اذا كانت تيارات المحطة متولدة من مولدات مركبة وسنشرح هذا بعد في الجزء الثاني



وقد وجد أنه من المستحسن عمل لوحة التوزيع من جملة قوائم مستقلة توضع بجوار بعضها كل منها تكون خاصة بعمل معين



(شكل ٣٠١) لوحة توزيع مكونة من جملة قوائم



(١)

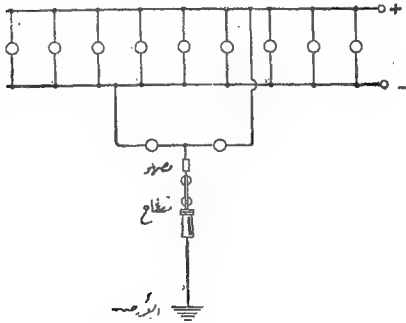
(شكل ٣٠٢)

منظر أمامي لقائم مولد
به مفتاح توصيل أنوماتيكي
مغمور في حوض من الزيت

منظر خلفي لقائم مولد
مبين فيه كيفية توصيل الأجهزة

فمثلا كل مولد يكون له قائم خاص به ودوائر التغذية والتوزيع يكون لها أيضا قوائم خاصة بها وتوضع قوائم المولدات على اليمين وقوائم التغذية على اليسار وقوائم الحمل في الوسط

وقد تستعمل المصاييح لاكتشاف التيارات الهاربة للأرض أو من حدوث القصر بين الأسلاك وتتركب في العادة من مصباحين متصلين بالتوالي على طرفي سلكي الحمل شكل (٣٠٣)



(شكل ٣٠٣)

ويتصل سلك من بين المصباحين الى مصهر ففتاح فالارض
ويكون ذلك بلحامه في ماسورة المياه
فعند ما لا يكون هناك تيارات هاربة تكون اضاءة المصباحين
متساوية في الشدة

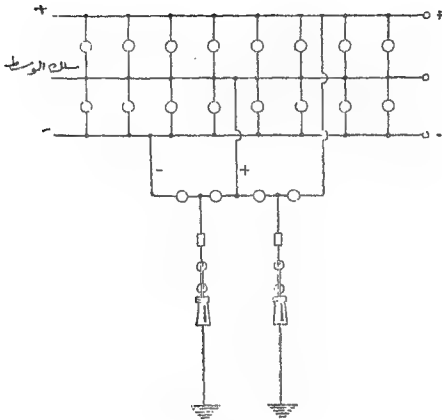
فاذا تلامس أحد سلكي الحمل بالارض تكون اضاءة المصباح
المتصل بالسلك الآخر أشد من اضاءة المصباح المتصل بالسلك
المتلامس مع الارض والعكس بالعكس

وقد تستعمل في بعض الأحيان الفولتمترات حيث تتصل
بنفس الطريقة المتصلة بها المصابيح
فاذا تلامس أحد السلكين بالارض يمر التيار بالفولتمتر
فينحرف

وشكل (٣٠٤) يبين توصيل مصابيح الاكتشاف في التوزيع
بثلاثة سلوك

ويلاحظ أنه عند اختبار هذه السلوك يجب ان لا يقفل
المفتاحان دفعة واحدة لئلا يحدث قصر في السلوك العمومية للتوزيع
بل يختبر كل قسم على حده

٥١٢ -



شكل (٣٠٤)



Bibliotheca Alexandrina



0408535